Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

# A review of modern management and optimization of water consumption to combat the water scarcity crisis in Iran

**Roghayeh Mohamadlou*** [1], **Mushab Saud Hamad**[2]

1. Ph.D. Student, Rangeland and Watershed Management Department, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran, roghayehmohamadlou@gmail.com
2. Director, Department of Agriculture of Taj al-Din City, Wasit Province, Iraq; Ph.D., Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, musheb1969@gmail.com

**ARTICLE INFO**

**Article type:**
Review Paper

**Article history**

**Received:** 05 August 2025

**Revised:** 22 October 2025

**Accepted:** 29 October 2025

**Published online:** 20 January 2026

**Keywords:**

Coping with water scarcity, Optimization of water consumption, Management innovations, Water resources

**ABSTRACT**

Innovative solutions leveraging advanced technologies can play an effective role in optimizing water consumption and improving water resource management. Accordingly, the present study aims to identify various such solutions and evaluate their effectiveness in sustaining water resources, particularly in the arid and semi-arid provinces of the country. In this regard, domestic articles published between 2011 and 2025 have been reviewed to systematically analyze existing findings and proposed approaches. The results indicate that the use of technologies such as underground dams, rainwater harvesting systems, water and wastewater recycling, virtual water utilization, flood spreading systems, artificial aquifer recharge, and especially improvements in water governance, if implemented purposefully and adapted locally, can lead to reduced dependence on conventional water sources and increased resilience of dry regions. However, the review of domestic sources shows that the effectiveness and success of these solutions have not yet been comprehensively evaluated, and most existing studies are limited to short-term periods (mostly one year). In contrast, to obtain a more accurate picture of the real impact of these measures on improving water resources, conducting long-term and comprehensive studies, at least over several years, is essential. Only then can reliable information be provided to executive agencies, planners, and local communities, facilitating effective and sustainable decision-making. Furthermore, the success of these solutions is strongly influenced by factors such as geological conditions, spatial and temporal distribution of rainfall, local infrastructure, and the use of precise analytical models such as GIS and fuzzy logic. On the other hand, the structure of water governance in Iran, due to centralization, institutional discoordination, and weakness in stakeholder engagement, constitutes one of the most significant obstacles to the effective realization of these measures. Consequently, transformation in water resource governance through participatory approaches, increased transparency, policy coordination, utilization of indigenous knowledge, interdisciplinary integration, and the use of innovative solutions compatible with the country's climate is an indispensable necessity.

Citation: Mohamadlou, R., & Saud Hamad, M. (2025). A review of modern management and optimization of water consumption to combat the water scarcity crisis in Iran. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 13(4), 69-90.
**DOR:** 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2

**Publisher:** Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

* **Corresponding author:** Roghayeh Mohamadlou
**Address:** Rangeland and Watershed Management Department, Urmia University, Urmia, Iran
**Tel:** +989146746199
**Email:** roghayehmohamadlou@gmail.com

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]
[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

# A review of modern management and optimization of water consumption to combat the water scarcity crisis in Iran

**Roghayeh Mohamadlou*** [1], **Mushab Saud Hamad**[2]

1. Ph.D. Student, Rangeland and Watershed Management Department, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran, roghayehmohamadlou@gmail.com
2. Director, Department of Agriculture of Taj al-Din City, Wasit Province, Iraq; Former Ph.D. Student, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, musheb1969@gmail.com

## EXTENDED ABSTRACT

**Introduction:** Water plays a vital role in maintaining environmental balance and meeting essential human needs. In recent decades, water scarcity has emerged as a major global challenge, particularly in arid and semi-arid regions. Iran, located in a dry climate zone, faces significant pressure on its limited freshwater resources, with a large share of water consumption dedicated to agriculture far above global averages. High evaporation rates, uneven rainfall distribution, and inefficient water management have intensified the crisis, leading to depletion of surface and groundwater and environmental degradation. In response, innovative solutions such as underground dams, rainwater harvesting systems, virtual water trade, wastewater recycling, floodwater spreading systems, and artificial recharge have gained attention. Despite their limited implementation, these strategies show potential for expansion. This study reviews domestic research findings and compares them with international practices to evaluate the effectiveness of such approaches in enhancing water sustainability in Iran.

**Methodology:** The research method employed in this study was descriptive-analytical. Initially, a search was conducted across scientific databases (such as ResearchGate, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar) and domestic databases (including SID and Magiran) using relevant keywords. These keywords included water scarcity coping strategies, water use optimization, management innovations in water resources, water resource management, underground dams, rainwater harvesting, and the efficiency of novel water solutions, along with their English equivalents. Subsequently, a significant portion of scientific and research articles published between 2011 and 2025 (1390 to 1404 in the Iranian calendar) that examined the performance and efficiency of these solutions under Iran's diverse climatic conditions were reviewed. In the next stage, qualitative data from selected studies including sampling methodologies, measurement indices, and factors influencing the results were extracted. Finally, the findings were presented as an analysis of strengths, weaknesses, and research gaps, and based on the results, recommendations were proposed for improving these studies. Ultimately, articles that matched the criteria relevant to the research topic were selected for further analysis. These articles were thoroughly examined to identify the strengths and weaknesses of various approaches. Furthermore, to provide a comparative perspective and better understand the implementation capacity of these solutions, a brief overview of experiences from other countries was conducted. This review can help identify the strengths and weaknesses of domestic approaches and provide new horizons for the optimal utilization of rainwater harvesting systems to combat the water scarcity crisis in the country.

**Results and Discussion:** Empirical evidence and scientific literature conclusively demonstrate that implementing innovative and low-cost water management solutions can significantly enhance water resource sustainability and mitigate the severe consequences of water scarcity across Iran's arid and semi-arid climates.

Key effective strategies highlighted include the deployment of underground dams, rainwater harvesting systems (RWHS), greywater recycling, and artificial groundwater recharge. The success of these site-specific interventions is critically dependent on a deep understanding of local geological and climatic factors, optimally supported by advanced technical planning tools such as geographic information systems (GIS) and fuzzy logic modeling. Furthermore, considering the Virtual Water Trade concept and optimizing agricultural cropping patterns offers a pathway to reduce internal water demand pressure, though this remains hampered by a lack of cohesive national strategies. Emerging technologies like solar desalination and advanced wastewater reuse also present promising avenues, yet their broad implementation is currently restricted by challenges related to

* **Corresponding author:** Roghayeh Mohamadlou
**Address:** Rangeland and Watershed Management Department, Urmia University, Urmia, Iran
**Tel:** +989146746199
**Email:** roghayehmohamadlou@gmail.com

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

financing and public awareness. Crucially, the realization of long-term, sustainable outcomes is inextricably linked to systemic reforms in governance and policy. Weak governance structures, institutional fragmentation, and insufficient stakeholder participation act as significant limiting factors, overriding the benefits of technical advancements. A transition from traditional centralized management models to participatory water governance, underpinned by interdisciplinary planning and integrated policymaking is essential. In summary, achieving sustainable water security in Iran necessitates a strategic synthesis: linking robust, site-specific technical innovations with comprehensive, large-scale institutional transformation to create a unified framework for resource stewardship.

**Conclusion:** Overcoming the water crisis in Iran requires a multi-dimensional and forward-looking approach. Technical solutions such as underground dams, rainwater harvesting, greywater reuse, virtual water strategies, advanced purification technologies, and artificial groundwater recharge hold strong potential for alleviating water stress and enhancing resilience in arid regions. However, their effectiveness is contingent upon local climatic, geological, and social conditions, which must be supported by advanced analytical tools like GIS and fuzzy logic. Beyond technical measures, weak governance, institutional fragmentation, and limited stakeholder participation remain the primary obstacles. Traditional centralized management models conflict with modern, knowledge-based, and participatory governance methods. Sustainable water management in Iran necessitates both scientific and technological innovation and a fundamental transformation in governance, emphasizing transparency, local participation, and policy coherence. The strategic integration of technical solutions and structural reforms can pave the way toward long-term water sustainability. Finally, it is proposed that comprehensive, macro-level policy-making is conducted in the domain of land use planning (spatial planning)**.** Land utilization should be based on the capabilities of climate, soil, and water resources. The true cost of water should be considered to incentivize optimal consumption. The export of water-intensive agricultural products should be restricted by the government. Support for guaranteed purchases of low-water-use crops should be determined based on their real value. Water productivity and food security should be enhanced through targeted policies.

## Ethical Considerations

**Data availability statement:** The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

**Funding:** This research has not been financially supported by any organization.

**Authors' contribution:** **Roghayeh Mohamadlou:** methodology, results, and conclusion, Manuscript writing and **Mushab Saud Hamad:** literature review and methodology.

**Conflicts of interest:** The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

**Acknowledgment:** The authors appreciate the efforts of reviewers and the Editor-in-Chief who helped to improve the paper quality.

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

# مروری بر مدیریت نوین و بهینه‌سازی مصرف آب برای مقابله با بحران کم‌آبی در ایران

**رقیه محمدلو*[۱]، مصحب سعود حمد[۲]**

۱. دانشجوی دکتری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، roghayehmohamadlou@gmail.com
۲. مدیر، اداره کشاورزی شهر تاج‌الدین استان واسط، عراق؛ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران، musheb1969@gmail.com

**مشخصات مقاله**

**نوع مقاله:**
مروری

**تاریخچه مقاله**
**دریافت:** ۱۴ مرداد ۱۴۰۴
**بازنگری:** ۳۰ مهر ۱۴۰۴
**پذیرش:** ۰۷ آبان ۱۴۰۴
**انتشار برخط:** ۳۰ دی ۱۴۰۴

**واژه‌های کلیدی:**
بهینه‌سازی مصرف آب، مقابله با کم‌آبی، منابع آب، نوآوری‌های مدیریتی

**چکیده**

راهکارهای نوین با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته می‌توانند نقش مؤثری در بهینه‌سازی مصرف آب و بهبود مدیریت منابع آبی ایفا کنند. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف شناسایی انواع این راهکارها و ارزیابی میزان اثربخشی آن‌ها بر پایداری منابع آب، به‌ویژه در استان‌های خشک و نیمه‌خشک کشور، انجام شده است. در این راستا، مقالات داخلی منتشر شده در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۴ مورد بررسی قرار گرفته‌اند تا ضمن تحلیل یافته‌های موجود، رهیافت‌های ارائه‌شده به‌صورت نظام‌مند تحلیل شوند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌هایی هم‌چون سدهای زیرزمینی، سامانه‌های جمع‌آوری آب باران، بازچرخانی آب و پساب، بهره‌گیری از آب مجازی، سامانه‌های پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها، و به‌ویژه اصلاح در حکمرانی آب، در صورت اجرای هدفمند و بومی‌سازی‌شده، می‌تواند به کاهش وابستگی به منابع متعارف و افزایش تاب‌آوری مناطق خشک منجر شود. با این حال، بررسی منابع داخلی نشان می‌دهد که میزان اثربخشی و موفقیت این راهکارها هنوز به‌طور جامع مورد ارزیابی قرار نگرفته و اغلب مطالعات موجود، به دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت (عمدتاً یک‌ساله) محدود شده‌اند. این در حالی است که برای دستیابی به تصویر دقیق‌تری از تأثیر واقعی این اقدامات بر بهبود وضعیت منابع آب، انجام مطالعات بلندمدت و جامع، حداقل در بازه‌های چندساله، ضروری است. تنها در این صورت می‌توان اطلاعات قابل‌اعتمادی را در اختیار نهادهای اجرایی، برنامه‌ریزان و جوامع محلی قرار داد و زمینه تصمیم‌گیری‌های مؤثر و پایدار را فراهم ساخت. افزون بر این، موفقیت این راهکارها به‌شدت تحت تأثیر عواملی نظیر شرایط زمین‌شناسی، توزیع مکانی و زمانی بارندگی، زیرساخت‌های محلی و استفاده از مدل‌های تحلیلی دقیق مانند GIS و منطق فازی قرار دارد. از سوی دیگر، ساختار حکمرانی آب در ایران، به‌دلیل تمرکزگرایی، ناهماهنگی نهادی، و ضعف در جلب مشارکت ذی‌نفعان، یکی از مهم‌ترین موانع در مسیر تحقق مؤثر این اقدامات محسوب می‌شود. در نتیجه، تحول در حکمرانی منابع آب از طریق رویکرد مشارکت‌محور، ارتقای شفافیت، هماهنگی میان سیاست‌ها، بهره‌گیری از دانش بومی، تلفیق تخصص‌های بین‌رشته‌ای و استفاده از راهکارهای نوین سازگار با اقلیم کشور، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر به شمار می‌رود.

**استناد:** محمدلو، رقیه، سعود حمد، مصحب (۱۴۰۴). مروری بر مدیریت نوین و بهینه‌سازی مصرف آب برای مقابله با بحران کم‌آبی در ایران. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۳(۴)، ۶۹-۹۰.

**DOR:** 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

**نویسنده مسئول:** رقیه محمدلو
**نشانی:** گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
**تلفن:** ۰۹۱۴۶۷۴۶۱۹۹
**پست الکترونیکی:** roghayehmohamadlou@gmail.com

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]
[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

## مقدمه

آب نقش اساسی در حفظ تعادل محیط زیستی و تأمین نیازهای حیاتی بشر دارد (Mishra, 2023). بحران کم‌آبی در دهه‌های اخیر به یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط زیستی، اقتصادی و حتی امنیتی در سطح جهانی تبدیل شده است؛ به‌گونه‌ای که بسیاری از کشورها، به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک، با پیامدهای گسترده آن مواجه هستند (مرادی و ملکی، ۱۴۰۴؛ Pahl-Wostl, 2019; Silvestre & Trica, 2019; Hariram et al., 2023). بر اساس گزارش جدید مؤسسه منابع جهانی، تا سال ۲۰۴۰ میلادی، ۳۳ کشور با تنش شدید آبی مواجه خواهند بود (Kuzma et al., 2023). در حال حاضر نیز حدود ۱/۶ میلیارد نفر با تنش شدید آبی و ۱/۲ میلیارد نفر دیگر با تنش آبی متوسط زندگی می‌کنند (عابدی، ۱۴۰۳).

منطقه خاورمیانه بیش از سایر مناطق در معرض این بحران قرار دارد و بیش‌تر کشورهای آن با فشار فزاینده بر منابع آب روبه‌رو خواهند شد؛ روندی که هم‌اکنون نیز آشکار است (Ghasemi & Abdelahi, 2024; Kuzma et al., 2023). ایران نیز به‌عنوان کشوری واقع در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، با چالش‌های جدی در زمینه منابع آبی مواجه است. این کشور تنها حدود ۰/۳ درصد از منابع آب شیرین جهان را در اختیار دارد، درحالی‌که نزدیک به یک درصد از جمعیت جهان را در خود جای داده است. این نابرابری منابع و تراکم جمعیت، فشار سنگینی بر منابع آبی کشور وارد کرده است. مصرف بالای آب در بخش کشاورزی شکل (۱)، که بیش از ۹۳ درصد از منابع آبی کشور را به خود اختصاص می‌دهد، یکی از چالش‌های اصلی مدیریت منابع آب در ایران است. این رقم تقریباً ۲۰ درصد بیش‌تر از میانگین جهانی است؛ جایی‌که ۶۹ درصد از منابع آب در سطح جهان به کشاورزی اختصاص می‌یابد و در منطقه خاورمیانه این میزان ۸۴ درصد است. سهم بخش‌های صنعتی و شهری کم‌تر از ۷ درصد از مصرف آب است (شکل ۱). چنین سهم بالای مصرف آب در کشاورزی، در کنار عواملی مانند کاهش بارندگی، تغییرات اقلیمی و تکرار خشکسالی‌ها، باعث کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی و بروز مشکلات محیط زیستی قابل توجهی شده است (مرزبان و همکاران، ۱۳۹۷؛ نصرالهی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۳؛ احسانی و خالدی، ۱۳۸۵؛ کشاورز و حیدری، ۱۳۸۶؛ اسدپوریان و همکاران، ۱۴۰۰). حجم کل بارش سالانه کشور حدود ۴۰۰ میلیارد مترمکعب است که ۷۰ درصد آن تبخیر می‌شود. حجم آب تجدیدپذیر حدود ۱۱۵ میلیارد مترمکعب در سال برآورد می‌شود (شامل ۲۵ میلیارد مترمکعب نفوذ به سفره‌ها و ۹۰ میلیارد مترمکعب رواناب سطحی). با جمعیت ۷۵ میلیون نفری در سال ۱۳۹۰، سرانه آب تجدیدپذیر حدود ۱۵۰۰ مترمکعب در سال است (فتحی، ۱۴۰۳).

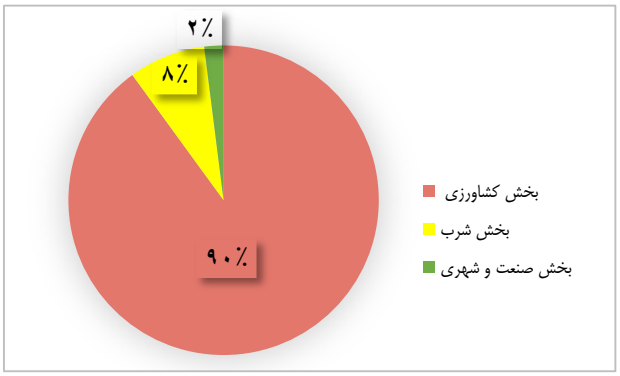
در چند دهه اخیر، افزایش جمعیت، توسعه کشاورزی سنتی (Hemathilake & Gunathilake, 2022)، تغییرات اقلیمی (Chunyang et al., 2021)، کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی (رضایی و همکاران، ۱۳۹۹؛ صالحی شفا و همکاران، ۱۴۰۱)، مدیریت ناکارآمد منابع آب (فراشی و همکاران، ۱۴۰۴؛ Mishra et al., 2021) و هم‌چنین گسترش فعالیت‌های انسانی (مشهدی، ۱۴۰۱) موجب رشد قابل توجه تقاضا برای آب در ایران شده است. علاوه بر این، الگوی بارشی مدیترانه‌ای و توزیع نامناسب زمانی و مکانی در ایران، که عمدتاً شامل رگبارهای کوتاه‌مدت و شدید در خارج از فصل رشد گیاهان یا در آغاز دوره رویشی است، باعث شده تا بخش زیادی از آب باران به رواناب سطحی تبدیل شود و به فرسایش خاک و هدررفت منابع منجر شود (عرب‌خدری و همکاران، ۱۳۹۷؛ کله‌هوئی و همکاران، ۱۴۰۳؛ حشمت پور و همکاران، ۱۴۰۳). این شرایط نه تنها منابع آب زیرزمینی را تهدید می‌کند، بلکه در سال‌های اخیر باعث خشک شدن تدریجی دریاچه‌ها و تالاب‌های کشور شده است؛ پدیده‌ای که حدود ۴۰ درصد آن ناشی از تغییرات اقلیمی و ۶۰ درصد ناشی از فعالیت‌های انسانی و مدیریت نادرست منابع آب است (محمدلو و احمدی، ۱۴۰۴).

افزایش فشار بر منابع آبی و وجود ابهامات گسترده درباره دسترسی به آب در آینده، فرآیند برنامه‌ریزی و اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی مرتبط با این منبع حیاتی را با پیچیدگی‌های بیش‌تری مواجه کرده است (Islam et al., 2023). در چنین شرایطی، بهره‌گیری از راهکارهای نوین برای مدیریت کارآمد، کم‌هزینه و سازگار با اقلیم کشور، به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر تبدیل شده است (صالحی شفا و همکاران، ۱۴۰۱؛ جهان‌تیغ و جهان‌تیغ، ۱۴۰۲). از سوی دیگر، با تشدید بحران کم‌آبی در ایران که حاصل ترکیبی از عوامل طبیعی و انسانی است (محمدلو و احمدی، ۱۴۰۴)، توجه به روش‌های نوین استحصال و تأمین آب بیش از پیش اهمیت یافته است. از جمله این اقدامات می‌توان به فناوری سدهای زیرزمینی[1] (رضایی و همکاران، ۱۳۹۹) اشاره کرد که در مدیریت منابع آب زیرزمینی، به‌ویژه در مناطق درگیر بحران، نقش مؤثری ایفا می‌کنند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۹). هم‌چنین استفاده از سامانه‌های سطوح آبگیر باران[2] (کمالی و ۱۳۹۹؛ حشمت‌پور و همکاران، ۱۴۰۳)، بهره‌گیری از مفهوم آب مجازی[3] (متقی و همکاران، ۱۴۰۳)، بازیافت آب و پساب[4] (حیدری، ۱۳۹۷)،

[1] Underground dams
[2] Rainwater harvesting systems
[3] Utilization of the concept of virtual water
[4] Water reuse and recycling

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]
[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

سامانه‌های پخش سیلاب[1] (Karimi Sangchini et al., 2024; Karimi Sangchini et al., 2022; Zheng et al., 2019)، طرح‌های تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی[2] (صالحی شفا و همکاران، ۱۴۰۱) و اصلاح ساختار حکمرانی آب[3] (عابدی، ۱۴۰۳) از جمله راهکارهایی هستند که می‌توانند به کاهش فشار بر منابع زیرزمینی، افزایش بهره‌وری مصرف آب و ارتقای تاب‌آوری مناطق خشک و نیمه‌خشک در برابر بحران کم‌آبی کمک کنند. در ادامه، با نگاهی دقیق‌تر به این رویکردها، به بررسی نمونه‌هایی از اقدامات اجراشده در ایران پرداخته خواهد شد. بر همین اساس این مقاله با هدف بررسی راهکارهایی نوین در پایداری منابع آبی ایران، به تحلیل یافته‌های پژوهش‌های داخلی پرداخته و در کنار آن، نگاهی اجمالی به تجارب برخی کشورها در این زمینه داشته است.




**شکل ۱- نمودار دایره‌ای مصرف آب در ایران (وزارت نیرو، ۱۴۰۰)**
**Figure 1- Pie chart of water consumption in Iran (Ministry of Energy, 2021)**

## روش تحقیق

روش تحقیق در این مطالعه، از نوع توصیفی و تحلیلی بوده است. ابتدا جستجو در پایگاه‌های داده علمی (مانند ReserarchGate, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar) و پایگاه‌های داخلی هم‌چون (SID, Magiran) با استفاده از کلیدواژه‌های مرتبط شامل استراتژی‌های مقابله با کم‌آبی، بهینه‌سازی مصرف آب، نوآوری‌های مدیریتی در منابع آب، مدیریت منابع آب، سدهای زیرزمینی، آبگیر باران و کارایی راهکارهای نوین آب و معادل‌های انگلیسی آن‌ها انجام شد. سپس، بخش قابل توجهی از مقالات علمی و پژوهشی در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۴که به بررسی عملکرد و کارایی این راهکارها در شرایط اقلیمی مختلف ایران پرداخته‌اند، بررسی شدند. در مرحله بعد، داده‌های کیفی از مطالعات منتخب شامل: روش‌های نمونه‌برداری، شاخص‌های سنجش، و عوامل مؤثر بر نتایج استخراج شد، در نهایت، یافته‌ها به‌صورت تحلیل نقاط قوت، ضعف، و شکاف‌های تحقیقاتی ارائه شدند و با توجه به نتایج، راهکارهایی در جهت بهبود این مطالعات پیشنهاد شد. در نهایت، مقالاتی که با معیارهای مربوط به موضوع تحقیق تطابق داشتند، برای تحلیل بیش‌تر انتخاب شدند. این مقالات به‌صورت کامل بررسی شدند تا نقاط قوت و ضعف راهکارهای مختلف شناسایی شود. هم‌چنین، به‌منظور ارائه دیدگاهی تطبیقی و شناخت بهتر ظرفیت‌های اجرایی این راهکارها، مروری اجمالی بر تجربیات برخی کشورها انجام شد. این بررسی می‌تواند به شناسایی نقاط قوت و ضعف رویکردهای داخلی کمک کرده و افق‌های تازه‌ای در بهره‌برداری بهینه از سامانه‌های آبگیر باران برای مقابله با بحران کم‌آبی در کشور فراهم سازد.

## نتایج و بحث

### سدهای زیرزمینی

احداث سدهای‌زیرزمینی به‌عنوان یکی از نوآورانه‌ترین و مؤثرترین راهکارها در مدیریت منابع‌آب (جدول ۱)، به‌ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک، توجه روزافزونی را به خود جلب کرده است. اولین و مهم‌ترین مرحله در احداث این سدها، مکان‌یابی مناطق مستعد است. هم‌چنین، این سدها می‌توانند در اقلیم‌های مختلف سراسر جهان مورد استفاده قرار گیرند (رستمی خلج و همکاران، ۱۴۰۰؛ سید علی خانی و همکاران، ۱۴۰۲). از جمله پارامترهای مؤثر در تعیین مکان ساخت سدهای‌زیرزمینی می‌توان به شیب زمین، گسل، آبراهه، زمین‌شناسی، چاه، چشمه و قنات، مسیر عبور دام و غیره اشاره کرد (پیمان‌خواه و همکاران، ۱۴۰۳). این سازه‌ها با هدف تأمین آب در مقیاس کوچک و تقویت ذخایر آب زیرزمینی طراحی شده و نقش مهمی در مقابله با بحران کم‌آبی و خشکسالی ایفا می‌کنند. یکی از مزیت‌های برجسته

[1] Floodwater spreading systems
[2] Managed aquifer recharge (MAR) schemes
[3] Water governance

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]
[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

سدهای‌زیرزمینی، قابلیت اجرای آن‌ها با هزینه‌ای پایین و اقتصادی است؛ بدون نیاز به ساخت مخازن بزرگ سطحی یا تغییر گسترده در کاربری اراضی. همین ویژگی باعث شده که این سدها در بسیاری از دره‌ها و بستر رودخانه‌های فصلی به‌راحتی قابل اجرا باشند. برخلاف سدهای سطحی، این سدها ذخیره آب را در سفره‌های زیرزمینی متمرکز می‌کنند، بدون آن‌که اکوسیستم‌های طبیعی را مختل کرده یا خطراتی برای ساکنین پایین‌دست ایجاد کنند. هم‌چنین، به‌دلیل ساختار ساده اما مقاوم، از پایداری بالایی برخوردار بوده و نیاز به نگهداری پیچیده ندارند. با استفاده از مدل‌های عددی پیشرفته، می‌توان اثرات این سدها بر سفره‌های زیرزمینی را شبیه‌سازی کرد و بهترین مکان‌ها را برای احداث انتخاب نمود. به‌طور کلی، سدهای زیرزمینی راهکاری پایدار، ایمن، کم‌هزینه و دوست‌دار محیط زیستی برای توسعه و مدیریت منابع‌آب در مناطق بحران‌زده به‌شمار می‌آیند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۹؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۹).

**جدول ۱- سدهای زیرزمینی راهبردی برای پایداری منابع آب**

**Table 1– Underground dams: a strategy for sustainable water resources**

| محقق | منطقه مورد مطالعه | روش تحلیل | نتایج |
|---|---|---|---|
| اسمعلی عوری و همکاران (1395) | دوست بیگلو استان اردبیل | منطق بولین و منطق فازی، روش AHP | نرخ سازگاری روش AHP برابر با 0.03 به‌دست آمد که در محدوده قابل قبول قرار دارد. نتایج اولویت‌بندی سدهای منتخب در این مناطق نشان داد که معیار آب با وزن‌های 0.11 و 0.104 برای زیرمعیارهای کمیت و کیفیت، نقش بسیار مهمی در تعیین اولویت محورهای انتخابی ایفا می‌کند. |
| شیرانی و همکاران (1396) | شمال و شمال غرب اردستان | تحلیل سلسه مراتبیAHP | نتایج نشان داد که آبرفت‌های واقع در غرب، شمال و شمال‌غرب اردستان به‌عنوان بهترین مکان‌ها برای احداث سد زیرزمینی در شمال اصفهان تعیین شدند. |
| یوسفی و همکاران (1396) | همدان | توابع میانگین هندسی GIS | نتایج نشان داد که حدود 10 درصد از کل آبراهه‌ها به‌عنوان مکان‌های مناسب برای احداث سد زیرزمینی شناسایی شدند. |
| کوهبانی و همکاران (1397) | سرخس استان خراسان رضوی | سیستم اطلاعات جغرافیایی و الگوریتم فازی | نتایج نشان داد که حدود 9 درصد از حوضه سرخس برای احداث سدهای زیرزمینی مناسب است. |
| عرب عاملی و همکاران (1397) | اردستان استان اصفهان | روش AHP و GIS | نتایج نشان داد که مخروط افکنه‌های واقع در قسمت غربی، شمالی و مرکزی استان اردستان به‌عنوان مکان‌های مناسب برای احداث سدهای زیرزمینی هستند. |
| امانیان و همکاران (1397) | کاشان | سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی | نتایج مطالعه نشان داد که با توجه به شرایط فیزیوگرافی منطقه مورد بررسی و اطلاعات موجود، می‌توان معیارهای اطلاعاتی بیش‌تری علاوه بر معیارهای ذکر شده در منابع مربوط به مکان‌یابی سد زیرزمینی در نظر گرفت. |
| دورتاج و همکاران (1399) | استان اصفهان | روش تصمیم گیری چند معیاره | نتایج نشان داد که برخی عدم قطعیت‌ها در مکان‌یابی کاهش یافته است. |
| ابراهیمی و همکاران (1400) | بوشهر | گوگل ارث | با استفاده از منطق بولین، مشخص شد که 305 کیلومتر مربع از منطقه مورد مطالعه پتانسیل ساخت سد را دارد. سپس با تحلیل تصاویر گوگل ارث، شاخص‌های مختلف و بررسی‌های میدانی، 23 محور احتمالی شناسایی شد. در نهایت، 6 مکان به‌عنوان گزینه‌های مناسب انتخاب و با کمک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) اولویت‌بندی شدند. |
| رستمی خلج و همکاران (1400) | تربت جام | تحلیل سلسه مراتبی AHP | نتایج نشان داد که 26.6 درصد از منطقه فاقد پتانسیل استحصال آب زیرقشری هستند. در میان پارامترهای وزن‌دار شده با روش AHP، زمین‌شناسی و شیب منطقه به‌ترتیب با امتیازهای 0.409 و 0.226 بیش‌ترین اهمیت را داشتند، درحالی که کاربری اراضی و فاصله دسترسی به محل سد با امتیازهای 0.068 و 0.095 به‌ترتیب کم‌ترین اهمیت را از نظر کارشناسان کسب کردند. هم‌چنین، با انجام بررسی‌های میدانی، سه نقطه مناسب برای احداث سد زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه شناسایی شد. از آن‌جا که مکان‌یابی سد زیرزمینی فرآیندی زمان‌بر و پرهزینه است، استفاده از روش AHP می‌تواند راهکاری مؤثر برای کاهش زمان و هزینه‌های مربوط به این مرحله باشد. |
| زارعی و همکاران (1401) | حوضه آبریز حسن‌آباد در کرمانشاه | روش منطق بولین و تحلیل سلسله مراتبی | براساس نتایج تحلیل سلسله‌مراتبی، محورهای 6، 7 و 1 به‌ترتیب اولویت‌های اول تا سوم را برای احداث سد کسب کردند. بررسی‌های میدانی و زمین‌شناسی نیز این نتایج را تأیید کرد و در نهایت، محور 6 به‌عنوان بهترین گزینه برای ساخت سد انتخاب شد. |
| صادقی‌روش و همکاران (1402) | هفت منطقه | روش تئوری مطلوبیت چندمعیاره | نتایج نشان داد که هفت منطقه که تمامی معیارهای مدنظر را دارا بودند، به‌عنوان گزینه‌های مناسب معرفی شدند. در این میان، منطقه نظرآباد با کسب ضریب مطلوبیت 0.714 به‌عنوان مناسب‌ترین محل برای ساخت سد زیرزمینی تعیین شد. |

## سامانه‌های سطوح آبگیر باران

هدف اصلی از طراحی و به‌کارگیری این سامانه‌ها، تأمین مؤثر و پایدار نیازهای اساسی انسان به منابع‌آب و بهبود کیفیت زندگی در شرایط کم‌آبی و ناپایداری اقلیمی است (مرادی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۱). راهکارهای بهره‌برداری از سطوح‌آبگیر، مجموعه‌ای از فنون و روش‌هایی هستند که با

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

هدف مدیریت مؤثر نزولات جوی و رواناب‌های سطحی، پیش از آن‌که به رودخانه‌های دائمی وارد شوند، طراحی شده‌اند. این روش‌ها با هدایت، جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران، امکان استفاده بهینه از منابع‌آبی حاصل از بارش را فراهم می‌کنند، به‌ویژه در مناطقی که با محدودیت منابع‌آب مواجه‌اند. در واقع، سطوح‌آبگیر به‌عنوان ابزاری برای افزایش بهره‌وری آبی در منطقه ریشه‌زایی گیاهان، نقش کلیدی در تقویت ذخیره آب خاک و پایداری کشت و پوشش گیاهی دارند. این سامانه‌ها معمولاً شامل اجزای مختلفی هستند که با هم کار می‌کنند تا استحصال آب از بارش‌های پراکنده یا کوتاه‌مدت را به حداکثر برسانند. نمونه‌هایی از این راهکارها (جدول ۲) شامل جمع‌آوری آب از پشت‌بام‌ها، هدایت رواناب‌های‌سطحی در دامنه‌ها، ایجاد سطوح‌آبگیر درون‌مزرعه‌ای، ساخت بندهای کوچک در مسیر آبراهه‌ها، شبکه‌های پخش سیلاب، احداث آب‌بندان‌ها و سایر سازه‌های ساده ذخیره‌سازی در بستر یا حاشیه آبراهه‌ها است. این شیوه‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین روش‌های افزایش تاب‌آوری منابع‌آب در برابر خشکسالی و نوسانات اقلیمی شناخته می‌شوند (کمالی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Brooks et al., 1991).

**جدول ۲- سامانه‌های سطوح آبگیر باران راهبردی برای پایداری منابع آب**

**Table 2– Rainwater harvesting systems as a strategic approach for water resources sustainability**

| محقق | منطقه | نتایج |
|---|---|---|
| سلطانی (1396) | حوزه آبخیز خسروآباد شهرستان سنقر | از مجموع 1855.67 هکتار مساحت حوضه، حدود 862/06 هکتار دارای پتانسیل مناسب و بسیار مناسب و 259.04 هکتار در طبقه نامناسب و بسیار نامناسب برای جمع‌آوری آب باران قرار دارند. هم‌چنین، بارندگی، شیب و گروه‌های هیدرولوژیک خاک به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر در این زمینه شناسایی شدند. |
| شادمهری طوسی و همکاران (1396) | منطقه 9 شهر مشهد | نتایج نشان داد که در ماه‌های پرباران، می‌توان حداقل 27 درصد و حداکثر 77 درصد از نیاز آبی را از طریق جمع‌آوری آب باران از ساختمان‌های مسکونی تأمین کرد. |
| نی‌نیوا و همکاران (1397) | دیواندره کردستان | نتایج نشان داد که شهر دیواندره دارای ظرفیت بهره‌برداری از دو منبع آبی در محدوده شهری است که سالانه 1001235 متر مکعب آب تولید می‌کنند. این مقدار می‌تواند 53/5 درصد از مصرف کل سالانه جمعیت شهر را تأمین کند. ارزش اقتصادی این میزان تأمین آب، حدود 5/2 میلیارد ریال در سال برای آب شرب و 4/2 میلیارد ریال برای آب خام برآورد شده است. مدیریت بهینه این منابع می‌تواند نقش مؤثری در کاهش بحران کمبود آب در شهر داشته باشد. |
| پرندین و همکاران (1398) | کرمانشاه | نتایج نشان می‌دهد که از کل نیاز سالانه 10620000 متر مکعب آب فضای سبز شهری کرمانشاه، حدود 6200000 متر مکعب معادل تقریبا 58.4 درصد آن می‌تواند از طریق جمع‌آوری آب باران از بام‌های شهر تأمین شود. هم‌چنین، با توجه به شرایط محیطی مختلف، مساحتی حدود 42000 متر مربع از زمین‌های داخل و حاشیه شهر کرمانشاه، که بیش‌تر در منطقه 5 شهرداری قرار دارد، برای ساخت مخازن ذخیره آب باران مناسب تشخیص داده شده است. |
| محمدیان و همکاران (1402) | مراتع شهرستان کلاله | نتایج نشان داد که به‌دلیل محدودیت‌های شدید در معیارهای مورد بررسی، حدود 94.7 درصد از منطقه برای احداث آبگیرهای باران نامناسب بوده و تنها 5/3 درصد از اراضی مرتعی دارای پتانسیل لازم برای اجرای دو سامانه آبگیر تشخیص داده شد. هچنین نتایج بیانگر این است که بیش‌ترین محدودیت در منطقه به عامل شیب مربوط بوده که حدود 44 درصد از منطقه را نامناسب تشخیص داده است. در مقابل، حدود 35.7 درصد از سطح مراتع منطقه، دارای پتانسیل مناسب برای اجرای سامانه آبگیر باران ارزیابی شد. |
| حشمت‌پور و همکاران (1403) | قویجق استان گلستان | نتیجه استفاده از روش منطق فازی در کنار داده‌های اطلاعات جغرافیایی در این مطالعه، به بهبود تحلیل و افزایش دقت در تعیین مناطق مناسب برای جمع‌آوری آب باران منجر شد. هم‌چنین، بر اساس نتایج این روش، نواحی جنوب و جنوب شرقی در اولویت بالاتری برای احداث حوضه‌های آبگیر باران قرار گرفتند. |

## بهره‌گیری از مفهوم آب مجازی

واژه آب مجازی نخستین‌بار توسط آلن مطرح شد (Allan, 1998) و به معنای حجم آبی است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در فرآیند تولید یک محصول مصرف می‌شود؛ این حجم با توجه به شرایط اقلیمی، مکانی، زمانی و بازده تولید، متفاوت است. این مفهوم نشان می‌دهد (جدول ۳) توسعه تجارت محصولات، به‌ویژه محصولات غذایی، بر پایه مزیت نسبی مناطق و بهره‌گیری بهینه از فرصت‌های موجود، می‌تواند ضمن کاهش مصرف آب در سطح جهانی، موجب رشد اقتصادی و بهبود رفاه اجتماعی شود. برآورد دقیق واردات و صادرات آب مجازی، چه در سطح بین‌المللی و چه درون‌کشوری، می‌تواند راهکاری مؤثر برای مدیریت منابع آب و خاک کشور باشد. این راهبرد با توجه به ظرفیت‌های منطقه‌ای، به‌ویژه در کشورهایی با پراکنش نامتوازن مکانی و زمانی بارندگی مانند ایران، نقش مهمی در سیاست‌گذاری‌های کلان آبی و برنامه‌ریزی‌های آینده ایفا می‌کند؛ به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک که مدیریت منابع آب از اهمیت حیاتی برخوردار است (مردانی و همکاران، ۱۳۹۶). رشد جمعیت منجر به افزایش همزمان عرضه و تقاضا می‌شود که به تبع آن تضاد منافع میان بهره‌برداران مختلف جامعه ایجاد می‌شود. بنابراین، درک مفهوم تجارت آب مجازی و بررسی نقش آن در کنترل و مدیریت بهینه منابع آب امری حیاتی و اجتناب‌ناپذیر است (Du et al., 2022). منابع آب به‌صورت آب مجازی از طریق تجارت بین‌المللی توزیع می‌شوند که این امر تأثیر قابل توجهی بر عرضه و تقاضای آب در هر کشور دارد. بنابراین، بررسی عوامل محرک تجارت آب مجازی محصولات مختلف برای کاهش تنش‌های آبی و تضمین امنیت غذایی اهمیت بسزایی دارد (Xia et al., 2022).

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

## بازیافت آب و پساب

یکی از راهکارهای مهم در مدیریت منابع‌آب، بازچرخانی و استفاده مجدد از آب خاکستری و پساب تصفیه شده است (جدول ۴) که می‌تواند به شکل مؤثری مصرف آب‌های سطحی و زیرزمینی را کاهش دهد (ماندگار، ۱۳۹۹). گرچه استفاده از پساب برای آبیاری موضوع تازه‌ای نیست و در ایران سابقه آن به دوران صفوی باز می‌شود؛ زمانی که فاضلاب برای تقویت خاک‌های کشاورزی در اصفهان به کار می‌رفت، اما امروزه با توجه به الزامات بهداشتی و مقررات سازمان حفاظت محیط‌زیست، استفاده از فاضلاب خام برای آبیاری یا تخلیه در منابع طبیعی ممنوع شده است. استفاده از پساب تصفیه شده هم‌چنان به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای آبیاری فضاهای سبز و زمین‌های کشاورزی مطرح است. این روش نه‌تنها از منابع‌آبی محافظت می‌کند، بلکه از ورود مستقیم فاضلاب به محیط‌زیست نیز جلوگیری می‌کند. با این وجود، لازم است کیفیت پساب و اثرات بلندمدت آن بر خاک، شوری، سیستم‌های آبیاری و کیفیت محصولات با دقت بررسی شود. هم‌چنین، تصفیه پساب‌ها باید متناسب با نوع مصرف آن‌ها (مانند فضای سبز، محصولات خوراکی یا غیرخوراکی) انجام گیرد و در چارچوب استانداردهای مشخص قرار گیرد (سادات‌تارا و همکاران، ۱۴۰۱؛ طاهری و همکاران، ۱۴۰۲). آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی روشی ساده و کارآمد برای نمک‌زدایی و بازیافت پساب‌ها به شمار می‌روند (آبسته و همکاران، ۱۴۰۳).

**جدول ۳- آب مجازی راهبردی برای پایداری منابع آب**

**Table 3– Virtual water as a strategic approach for water resources sustainability**

| محقق | منطقه | نتایج |
|---|---|---|
| خرمی‌وفا و همکاران (1395) | کرمانشاه | نتایج نشان داد که مقدار آب مجازی برای گندم با بازده آبیاری 40.100 و 32 درصد به‌ترتیب برابر با 2202، 3523 و 3699 مترمکعب بر تن بوده است. این مقدار برای مزارع ذرت نیز به‌ترتیب 2417، 3867 و 4060 مترمکعب بر تن برآورد شد. هم‌چنین، بهره‌وری آب در مزارع گندم بین 0.454، 0.283 و 0.27 تن بر مترمکعب و در مزارع ذرت بین 0.413، 0.258 و 0.246 تن بر مترمکعب متغیر بوده است. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش بازده آبیاری، آب مجازی افزایش یافته و بهره‌وری آب کاهش پیدا می‌کند. |
| اویسی و همکاران (1398) | اصفهان | نتایج نشان می‌دهد که استان اصفهان تنها در سال 1386 حدود 15 میلیارد مترمکعب آب مجازی از طریق صادرات گندم صادر کرده، اما در سال‌های 1387 تا 1394 به‌دلیل خشکسالی و رشد جمعیت، واردکننده آب مجازی بوده است. در این دوره، میانگین سالانه ردپای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی استان 87/5 میلیارد مترمکعب و میانگین واردات آب مجازی 65 میلیارد مترمکعب در سال بوده است. |
| باغبانیان و همکاران (1399) | سقز استان کردستان | نتایج پژوهش نشان داد که شاخص بهره‌وری فیزیکی برای محصولات چغندرقند و نخود آبی به‌ترتیب برابر با 5.9 و 2 کیلوگرم بر مترمکعب بوده است، که بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر بهره‌وری را به خود اختصاص داده‌اند. |
| گل پذیر و همکاران (1402) | شاهین‌شهر– میمه و برخوار استان اصفهان | نتایج نشان داد با اصلاح الگوی کشت و حذف یونجه، ارزش اقتصادی آب تا 44 درصد افزایش یافته و مصرف آب کاهش می‌یابد، که نشان‌دهنده نقش مؤثر آب مجازی در دستیابی به توسعه پایدار است. |
| عبداله‌زاده کهریزی و همکاران (1402) | دشت پلدشت | نتایج پژوهش نشان می‌دهد که هندوانه کم‌ترین سطح کشت را با 5789 هکتار دارد، اما بیش‌ترین میزان تولید یعنی 237951 تن را دارد. از طرف دیگر، گندم بیش‌ترین سطح کشت را با 73361 هکتار دارد، ولی میزان تولید آن کم‌تر و حدود 136002 تن است. هم‌چنین، بهره‌وری آب در این محصولات متفاوت است؛ گندم 2.23 کیلوگرم، جو 3.25 کیلوگرم، یونجه 1.86 کیلوگرم و هندوانه 14.89کیلوگرم محصول در هر مترمکعب آب تولید می‌کند. بنابراین، هندوانه بیش‌ترین بهره‌وری و یونجه کم‌ترین بهره‌وری را دارد. |

**جدول ۴- بازیاب آب و پساب راهبردی برای پایداری منابع آب**

**Table 4– Water and wastewater reuse as a strategic approach for water resources sustainability**

| محقق | منطقه | نتایج |
|---|---|---|
| رحیمی قاسم آبادی و همکاران (1399) | کل کشور | نتایج حاکی از آن است که برای رفع موانع مرتبط با استفاده مجدد و بازیافت پساب، به‌کارگیری فناوری‌های کارآمد، حرکت به سوی سیستم‌های غیرمتمرکز تصفیه و ارتقای پذیرش اجتماعی از اهمیت بالایی برخوردار است. در این راستا، توسعه پژوهش‌های علمی، فرهنگ‌سازی در سطح جامعه، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین تصفیه و تخصیص منابع مالی مناسب می‌تواند زمینه‌ساز تحقق این هدف باشد. |
| طاهری و همکاران (1402) | چهل‌بازی مشهد | در بررسی کیفیت پساب تصفیه‌شده تصفیه‌خانه چهل‌بازه مشهد، مشخص شد که مقدار pH در محدوده نرمال قرار دارد. هم‌چنین غلظت کلر موجود در پساب کم‌تر از حد مجاز بوده و بنابراین، استفاده از این پساب برای آبیاری فضای سبز با هیچ‌گونه محدودیتی همراه نیست. |
| آبسته و همکاران (1403) | آذربایجان غربی | یافته‌های پژوهش نشان داد که با افزایش دمای اولیه پساب و ارتقای توان حرارتی دستگاه، عملکرد فرآیند تقطیر بهبود می‌یابد. با در نظر گرفتن شرایط تابش خورشیدی منطقه مورد مطالعه، مبتنی بر داده‌های هواشناسی و مقایسه آن با نتایج به‌دست‌آمده از آزمون دستگاه با المنت برقی، ظرفیت تقطیر دستگاه در ماه‌های مختلف سال برآورد شد. بر اساس نتایج، بالاترین ظرفیت تقطیر روزانه مربوط به ماه تیر و حدود 50 لیتر پیش‌بینی شد. هم‌چنین ظرفیت سالانه دستگاه حدود 10.000 لیتر برآورد شده که با توجه به اهمیت محیط زیستی تصفیه پساب و مزایای اقتصادی بهره‌گیری از انرژی خورشیدی، از اهمیت بالایی برخوردار است. |

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

## سامانه‌های پخش سیلاب

در مناطق خشک و نیمه‌خشک که بارش‌ها هم اندک و هم پراکنده‌اند، بهره‌گیری از سیلاب‌ها می‌تواند راهکاری مؤثر برای مقابله با بحران کم‌آبی و هم‌چنین حفاظت پویا از سیمای سرزمین باشد (جدول ۵). پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی، راهکاری مناسب برای نفوذ آب به درون زمین و تقویت سفره‌های آب زیرزمینی است (گرگانلی دوجی و همکاران، ۱۴۰۰). این پخش علاوه بر این باعث جلوگیری از گسترش بیابان‌ها و افزایش تولیدات کشاورزی و باغی می‌شود و از نشست زمین جلوگیری می‌کند. سیلاب در دشت‌ها باعث می‌شود جریان سیل فرصت نفوذ بیش‌تری به داخل خاک داشته باشد و سفره‌های آب زیرزمینی را تغذیه کند. این سیلاب‌ها نه‌تنها به تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی کمک می‌کنند، بلکه با ته‌نشین کردن مواد مغذی و رسوبات باکیفیت بر بسترهای آبرفتی، موجب حاصلخیزی خاک و تبدیل آن به زمین‌های کشاورزی پربازده می‌شوند. هم‌چنین، استفاده هدفمند از بارش‌های فصلی و سیلاب‌ها باعث بهبود ساختار خاک و بازسازی مراتع آسیب‌دیده خواهد شد (Karimi Sangchini et al., 2024; Karimi Sangchini et al., 2022; Zheng et al., 2019). از طرفی فن و دانش پخش سیلاب، از روش‌های مرسوم و پرکاربرد در آبخیزداری و استحصال آب‌های سطحی به شمار می‌رود که با هدف ذخیره‌سازی و بهره‌برداری از رواناب، در احیای مراتع، اصلاح خاک، تغذیه مصنوعی آبخوان‌ها و دیگر مقاصد چندمنظوره به‌کار گرفته می‌شود (سررشته‌داری و همکاران، ۱۴۰۱). اهمیت اجرای این‌گونه طرح‌ها در کشور ایران به‌ویژه زمانی برجسته‌تر می‌شود که در نظر بگیریم بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی و تداوم خشکسالی‌های اخیر، سطح آب سفره‌های زیرزمینی را به‌شدت کاهش داده است. بنابراین در کشوری مانند ایران که در زمره مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد، اجرای طرح‌های آبخیزداری در راستای حفاظت از منابع آب و خاک امری اجتناب‌ناپذیر بوده و بررسی عملکرد این طرح‌ها می‌تواند در ارتقاء کیفیت و دقت اجرای طرح‌های آتی نقش بسزایی ایفا کند (طالبی و همکاران، ۱۴۰۱).

**جدول ۵- سامانه‌های پخش سیلاب راهبردی برای پایداری منابع آب**

**Table 5– Flood Spreading Systems as a Strategic Approach for Water Resources Sustainability**

| محقق | منطقه | روش نمونه‌برداری | نتایج |
|---|---|---|---|
| مصطفائی و همکاران (1396) | هرمزگان | با استفاده از روش حجم کنترلی | نتایج نشان داد که پس از سیل‌گیری‌های اولیه، تراز آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای منطقه افزایش نسبی داشته است؛ به‌ویژه در چاه واقع در عرصه پخش سیلاب، سطح آب حدود 1/34 متر بالا رفته است. در محدوده حجم کنترل نیز، تغییرات سطح آب با روند تغذیه و برداشت همخوانی داشته و در سال 1386 افزایش 4/43 متری ثبت شده است. بررسی‌ها نشان داد که بارندگی‌های بالای 60 میلی‌متر یا بارش‌های متوالی منجر به تغذیه آبخوان در عرصه پخش سیلاب می‌شوند. با این حال، پروژه پخش سیلاب سرچاهان در سال‌های مورد بررسی، نتوانسته به‌طور معناداری تغذیه آب زیرزمینی را افزایش دهد. |
| مسلمی و همکاران (1397) | دشت هشتبندی | روش تصادفی- نظامند | نتایج نشان داد که در مطالعه‌ای به ارزیابی آثار پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی دشت هشتبندی پرداختند. پس از گذشت 10 سال و انجام چند مرحله سیلاب‌گیری، سطح آب چاه مشاهده‌ای به میزان 3 متر افزایش یافته است. در این بررسی هم‌چنین مشخص شد که میزان شوری آب در محدوده اجرای طرح پخش سیلاب تغییر قابل توجهی نداشته است، اما در مرکز دشت به‌دلیل برداشت بی‌رویه، شوری آب چاه‌ها افزایش یافته است |
| دهقانی و همکاران (1398) | دشت ورامین | نرم‌افزار WEAP | اگر سالانه 33 میلیون مترمکعب سیلاب به آبخوان تزریق شود، ضمن کاهش کمبود آب در بخش کشاورزی و صنعت، ذخیره آبخوان نیز افزایش یافته و افت آب زیرزمینی به‌طور میانگین سالانه 1/21 سانتی‌متر جبران می‌شود. |
| طالبی و همکاران (1401) | مهریز یزد | آزمون مقایسه نمونه جفتی و تحلیل هیدرولوژیک | نتایج پژوهش حاکی از آن است که اجرای طرح، موجب کاهش تعداد سیلاب‌ها و افزایش آبدهی قنوات در مناطق پایین‌دست شده و تأثیر مثبتی بر منابع آبی داشته است. |
| آبشیری و همکاران (1402) | دشت توکهور هشت‌بندی | آزمون پتیت | نتایج این تحقیق نشان داد که اجرای عملیات استحصال آب تأثیر مثبتی بر بهبود کیفیت و افزایش کمیت آب زیرزمینی دارد و تداوم این روش‌ها در مناطق مشابه نیز توصیه می‌شود. |
| پاک‌پرور و همکاران (1402) | گربایگان | مدل Hydrus | نتایج نشان داد که به‌طور کلی بین 26 تا 84 درصد از آب سیلاب‌ها وارد آبخوان شده و میانگین این مقدار برای همه رویدادها 55 درصد بوده است. هم‌چنین برای سیلاب‌های بزرگ، این مقدار بیش‌تر بوده و بین 63 تا 84 درصد با میانگین 75 درصد گزارش شده است. |
| حبیبیان و همکارن (1402) | گربایگان فسا | روش تصادفی نظامند | به‌طور کلی، نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که پس از حدود 42 سال از اجرای طرح پخش سیلاب در منطقه، تأثیرات مثبت آن بر شاخص‌های تنوع زیستی به‌وضوح قابل مشاهده است. اجرای این طرح با ایجاد شرایط رویشگاهی ویژه، افزایش رطوبت خاک، و غنی‌سازی بستر با مواد آلی مانند لاشبرگ و هوموس، موجب بهبود قابل توجه شاخص‌های زیستی در مقایسه با مناطق شاهد شده است. یافته‌های این مطالعه می‌تواند در برنامه‌ریزی برای حفظ تنوع گیاهی و صیانت از ذخایر ژنتیکی مورد استفاده قرار گیرد. |

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

## طرح‌های تغذیه مصنوعی

تغذیه مصنوعی را می‌توان مجموعه‌ای از روش‌ها که با افزایش جریان طبیعی آب‌های سطحی به لایه‌های زیرزمینی، به تقویت و تغذیه منابع آب زیرزمینی کمک می‌کنند تعریف کرد (صادقی و همکاران، ۱۴۰۰). طرح‌های تغذیه مصنوعی به‌عنوان یکی از روش‌های مدیریت منابع آب زیرزمینی (جدول ۶)، این قابلیت را دارند که بخشی از آب برداشت شده از آبخوان‌ها را جبران کرده و زمینه را برای بهره‌برداری اصولی و پایدار از منابع آب فراهم سازند. این روش، ابزاری مؤثر برای بهینه‌سازی استفاده از منابع آب به‌ویژه در دوره‌های خشک‌سالی و کم‌آبی محسوب می‌شود (صالحی شفا و همکاران، ۱۴۰۱).

**جدول ۶- طرح‌های تغذیه مصنوعی راهبردی برای پایداری منابع آب**

**Table 6– Artificial recharge projects as a strategic approach for water resources sustainability**

| محقق | منطقه | نتایج |
|---|---|---|
| جلیلی و همکاران (1392) | سراب نیلوفر کرمانشاه | نتایج نشان داد که 65/45 درصد از کانال‌های زهکشی موجود در منطقه قابلیت تغذیه مصنوعی دارند. بر اساس تحلیل‌ها و بیلان آبخوان آزاد دشت سراب‌نیلوفر، میزان تغذیه سالانه 37/41 میلیون مترمکعب و میزان تخلیه سالانه 66/38 میلیون مترمکعب برآورد شده است. با توجه به این مقادیر، تغییرات حجم مخزن منفی و برابر با 28/97- میلیون مترمکعب است. بنابراین تنها 30/1 درصد از اضافه برداشت آبخوان قابل جبران بوده و در صورت اجرای طرح تغذیه مصنوعی، کاهش حجم مخزن به 20/24- میلیون مترمکعب خواهد رسید. |
| قدرتی و همکاران (1398) | هشتگرد در ایران | بررسی‌ها نشان داد که دو منطقه مستعد برای تغذیه مصنوعی در بستر و حاشیه رودخانه کردان شناسایی شده‌اند: یکی در بالادست اتوبان تهران–تبریز با مساحت 90 هکتار و دیگری در پایین‌دست راه‌آهن تهران–تبریز به وسعت 350 هکتار. با در نظر گرفتن جهت جریان آب زیرزمینی و نیاز به تأمین سطح مناسب برای تغذیه مصنوعی، منطقه 90 هکتاری واقع در بالادست اتوبان به عنوان بهترین گزینه برای احداث بندهای تاخیری و حوضچه‌های تغذیه مصنوعی انتخاب شد. |
| صادقی و همکاران (1400) | دشت شریف آباد قم | نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در دشت شریف‌آباد، 11 درصد از سطح سفره آب زیرزمینی به‌عنوان اراضی کاملاً مناسب و 30 درصد به‌عنوان اراضی مناسب برای اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی شناسایی شده‌اند. این مناطق عمدتاً در محدوده مخروط‌افکنه‌ها قرار داشته و از ویژگی‌هایی مانند خاک درشت‌دانه (شامل ماسه، شن و لوم)، عمق زیاد سطح ایستابی، و شیب ملایم کم‌تر از 5 درصد برخوردار هستند که شرایط مطلوبی برای تغذیه آبخوان فراهم می‌کنند |
| واعظی و همکاران (1403) | کاوه سودا در مراغه | نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که با تزریق حدود 960 هزار مترمکعب آب از رودخانه‌ای مجاور به حوضچه‌های تغذیه، شوری آب زیرزمینی بهبود می‌یابد. این روش تغذیه مصنوعی نه‌تنها به ارتقای کیفیت آب زیرزمینی کمک می‌کند، بلکه در حفاظت از منابع آبی نیز نقش دارد. در نهایت، مساحتی به وسعت 0/58 کیلومتر مربع در محدوده پایین‌دست کارخانه کاوه سودا برای اجرای عملیات تغذیه مصنوعی انتخاب شد. |

## اصلاح ساختار حکمرانی آب

حکمرانی را می‌توان به‌عنوان فرآیند تصمیم‌گیری و نحوه اجرای یا عدم اجرای آن تصمیمات تعریف کرد (Jiménez et al., 2020). هم‌چنین، حکمرانی به‌منزله تعامل میان ساختارها، فرآیندها و سنت‌هایی است که نحوه اِعمال قدرت، تقسیم مسئولیت‌ها، چگونگی اتخاذ تصمیم‌ها و میزان مشارکت شهروندان یا سایر ذی‌نفعان را مشخص می‌کند. در طول زمان، ویژگی‌های حکمرانی از یک رویکرد دولت‌محور و سلسله‌مراتبی به سوی مفاهیمی چون حکمرانی خوب، کارآمدی، حاکمیت قانون، عدالت، شفافیت، مسئولیت‌پذیری، مشارکت گسترده، تمرکززدایی و مشورت‌محور بودن تحول یافته‌اند (عابدی، ۱۴۰۳؛ Graham et al., 2003). حکمرانی آبیاری به مجموعه‌ای از ابزارها و اقدامات مدرن‌سازی آبیاری اطلاق می‌شود که با هدف حمایت از نهادهای دولتی و سایر ذی‌نفعان، به‌ویژه سازمان‌های بهره‌بردار آب، در جهت ایجاد بستر نهادی مناسب و تقویت ساختارهای سازمانی برای مدیریت پیچیده منابع آب در بخش آبیاری شکل گرفته است. هدف اصلی این نوع حکمرانی، ارتقای بهره‌وری آب در کشاورزی آبی به‌عنوان راهکاری کلیدی برای مقابله با کم‌آبی است (جدول ۷). در این راستا، اقدامات مختلفی از جمله اصلاحات سیاستی و کشاورزی، طراحی چارچوب‌های مدیریتی و نهادی، تدوین سازوکارهای انگیزشی و نظارتی برای بهره‌برداران، سرمایه‌گذاری هدفمند در کشاورزی، توسعه فناوری، مکانیزاسیون، اصلاحات نظام بهره‌برداری از زمین، بهبود روش‌های مدیریت مزرعه، ارائه خدمات مشاوره‌ای و ترویجی، و تسهیل دسترسی به منابع مالی انجام می‌گیرد. این اقدامات در نهایت منجر به نتایجی چون بهبود معیشت کشاورزان، ارتقای امنیت غذایی، افزایش بهره‌وری اقتصادی، و صرفه‌جویی قابل توجه در مصرف آب خواهد شد (عابدی، ۱۴۰۳).

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

**جدول ۷ – حکمرانی آب، راهبردی برای پایداری منابع آب**

**Table 7– Water governance as a strategic approach for water resources sustainability**

| محقق | شاخص سنجش | نتایج |
|---|---|---|
| عسگری و همکاران (1397) | کیفی | نتایج حاکی از آن است که به‌دلیل نبود قوانین کارآمد و فقدان مقررات کارشناسی‌شده در زمینه بهره‌برداری و حفاظت از منابع آب کشور، مسئله کم‌آبی به سطح یک بحران جدی ارتقا یافته و تمامی بخش‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی را تحت تأثیر قرار داده است. تداوم این روند، می‌تواند زمینه‌ساز شکل‌گیری ناامنی در سطح ملی شود. |
| کریمی نژاد و همکاران (1397) | تکنیک دلفی | سیاست‌گذاری در بحران آب ایران زمانی مؤثر خواهد بود که با درک صحیحی از فرایند سیاست‌گذاری و نارسایی‌های آن همراه باشد. مهم‌ترین آسیب‌های موجود شامل نبود نگاه ریشه‌ای به مسائل، ارزش‌گذاری نادرست آب، رویکرد بخشی‌نگر، تناقض در تصمیم‌گیری‌ها، نادیده‌گرفتن دانش بومی، تقلید غیرمنطقی از الگوهای خارجی، و بی‌توجهی به تخصص‌های میان‌رشته‌ای در سیاست‌گذاری است. |
| اسلامی و رحیمی (1398) | – | نبود سیاست‌های یکپارچه و مبتنی بر کارشناسی برای مقابله با بحران آب، همراه با اجرای سیاست‌های بخشی بدون توجه لازم به حفاظت و بهبود منابع آبی، باعث شده است که برنامه‌های توسعه کشور فشار فزاینده‌ای بر منابع آب وارد کنند و در نتیجه، بحران آب روز به روز ابعاد گسترده‌تری پیدا کند. |
| قربانیان و همکاران (1399) | تئوری عمل | نتایج نشان می‌دهد که با وجود تأکیدهای مکرر بر نقش محوری ذی‌نفعان در مدیریت آب، دولت هم‌چنان نقش غالب را در ساختار اجرایی مشارکت ایفا می‌کند، که با رویکرد مشارکتی واقعی هم‌خوان نیست. هم‌چنین، سیاست‌گذاران به مشارکت صرفاً به‌عنوان یک گزینه تکمیلی نگاه می‌کنند، نه یک ضرورت. |
| احمدی پور احمدی (1399) | کیفی و تحلیلی | بحران آب در ایران ناشی از عوامل گوناگونی است که ریشه در ناآگاهی، ضعف مدیریتی و ناتوانی در عملکرد دارند. این تنوع علل به گستردگی و پیچیدگی مجموعه‌ای از زیرساخت‌ها، نهادها، سازمان‌ها، کنشگران و اقداماتی بازمی‌شود که پیرامون مسئله آب شکل گرفته‌اند. هر یک از این اجزا با ضعف‌ها و نارسایی‌هایی همراه‌اند و در کنار هم موجب شکل‌گیری و تشدید بحران آب در کشور شده‌اند. |
| اسکوهی و همکاران (1399) | نرم‌افزار تحلیل داده کیفی MAXQDA 11 | نتایج نشان داد که بنابراین ضرورت دارد مردم هر کشوری باتوجه به شرایط خودشان به تدوین روش توسعه و پیشرفت کشور اقدام مینمایند و به طور مسلم تا زمانیکه الگوی مناسبی با شرایط ایران ایجاد نشود، این مفاهیم گره‌ای از کار باز نمی‌کند. |
| یوسفیان و همکاران (1400) | کیفی و ابزار نیمه ساختار تحلیل تم | نتایج تحقیق نشان می‌دهد که حکمرانی آب در ایران با آسیب‌های متعددی مواجه است که در سه دسته اصلی شامل شکاف حاکمیتی، شکاف سیاست‌گذاری و شکاف عملیاتی قابل طبقه‌بندی‌اند. برای کاهش آثار مخرب این آسیب‌ها، ده راهبرد کلیدی پیشنهاد شده است که شامل مدیریت منابع، حکمرانی مشارکتی، اقتصاد آب، ارتقاء بستر اجرایی، مدیریت کلان، مدیریت تقاضای آب، مدیریت عرضه آب، ظرفیت‌سازی علمی، مشتری‌مداری و فرهنگ‌سازی می‌شود. |

## نتایج و بحث

تحلیل شواهد تجربی و منابع علمی نشان می‌دهد که در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران، استفاده از راهکارهای نوین و کم‌هزینه در مدیریت منابع آب، می‌تواند به شکل معناداری پایداری منابع آبی را افزایش داده و پیامدهای بحران کم‌آبی را کاهش دهد. از جمله این راهکارها، ساخت سدهای زیرزمینی در بستر رودخانه‌های فصلی است که در پژوهش‌های مختلف (سوری و همکاران، ۱۳۹۶؛ سلطانی و همکاران، ۱۳۹۶ ؛Shashikumar et al., 2018) به‌عنوان سازه‌هایی مقاوم، با هزینه اجرایی پایین و اثر محیطزیستی حداقلی معرفی شده‌اند. این سدها به‌ویژه در مناطقی با بسترهای مناسب ژئومورفولوژیک قابلیت اجرا داشته و نیاز چندانی به تغییر کاربری اراضی یا مخازن سطحی بزرگ ندارند. شواهد موجود در سوابق پژوهشی نشان می‌دهد که عوامل مؤثر بر مکانیابی سدهای زیرزمینی در مناطق مختلف متفاوت بوده و نیازمند مطالعه و بررسی دقیق شرایط هر حوضه است. در این فرایند، پارامترهای اصلی مانند شیب زمین، وجود آبراهه، نوع سازند زمین‌شناسی و موقعیت چاه‌ها باید به‌طور کامل رعایت شوند؛ چرا که در صورت بی‌توجهی به هر یک از این عوامل، مکان مورد نظر برای احداث سد زیرزمینی مناسب نخواهد بود. در مقابل، پارامترهای فرعی مانند نزدیکی به روستاها، جاده‌ها و سایر زیرساخت‌ها تأثیری نسبی دارند و با توجه به شرایط اجتماعی، اقتصادی و هدف تأمین آب در هر منطقه قابل تغییر هستند. در مجموع، ترکیبی از این عوامل اصلی و فرعی، مکان مناسب برای احداث سد زیرزمینی و تأمین منابع آب محلی را تعیین می‌کند (پیمانخواه و همکاران، ۱۴۰۳).

برخی مطالعات میدانی نظیر مرادی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۱) نشان داده‌اند که موفقیت این سدها در افزایش سطح آب زیرزمینی تا حد زیادی وابسته به ویژگی‌های زمین‌شناسی، تراکم گسل‌ها، و نفوذپذیری خاک محل اجراست. از آن‌جا که مکان‌یابی سد زیرزمینی فرآیندی زمان‌بر و پرهزینه است، استفاده از روش AHP می‌تواند راهکاری مؤثر برای کاهش زمان و هزینه‌های مربوط به این مرحله باشد (رستمی خلج و همکاران، ۱۴۰۰). هم‌چنین نتایج (پیمان‌خواه و همکاران، ۱۴۰۳) نشان می‌دهد که استفاده از دو روش منطق بولین و میانگین هندسی برای مکانیابی مناطق مناسب احداث سد زیرزمینی بسیار مؤثر است، زیرا با اعمال لایه‌های اطلاعاتی مختلف، امکان تعیین دقیق‌تر و بهینه‌تر مکان‌های مناسب فراهم می‌شود که در این میان بر اساس مقایسه نتایج این پژوهش، مکانیابی با روش میانگین هندسی عملکرد بهتری دارد و خطاهای احتمالی را کاهش می‌دهد. دلیل این امر استفاده از تابع لجستیک برای تولید نقشه‌های وزندار پیوسته پارامترهای مؤثر است که در آن‌ها دخالت مستقیم نظر کارشناسان در تعیین وزن‌ها حذف شده است. در نتیجه، عدم قطعیت مدل‌های مکانی و

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

خطاهای تصادفی به حداقل می‌رسد. در همین راستا، سامانه‌های جمع‌آوری آب باران نیز به‌عنوان یکی از گزینه‌های مکمل و پراهمیت در مناطق شهری و روستایی مطرح شده‌اند. نتایج مطالعات در مشهد، تهران و کرمان حاکی از آن است که در ماه‌های پرباران، سهم آب باران در تأمین نیاز آبی برخی مناطق شهری به بیش از ۷۰ درصد می‌رسد (عشقی‌زاده، ۱۳۹۸). با این حال، پتانسیل عملکرد این سامانه‌ها به‌شدت متأثر از عواملی نظیر شیب زمین، پوشش سطحی، بافت خاک، ضریب رواناب، گروه‌های هیدرولوژیک و داده‌های مکانی است (Ammar et al., 2018). استفاده از مدل‌های تحلیل فضایی مانند منطق فازی در مکان‌یابی سامانه‌ها، توانسته دقت در انتخاب سایت‌های اجرایی را ارتقا دهد، اما هنوز هم در برخی مطالعات اختلاف نظرهایی در مورد وزن‌دهی به معیارها وجود دارد. مفهوم آب مجازی نیز به عنوان ابزاری سیاست‌محور برای مدیریت منابع آب در کشاورزی مطرح شده است.

بر اساس مطالعات بدیع‌سار و همکاران (۱۳۹۷) و Marques et al. (2022)، واردات آب مجازی از طریق واردات محصولات کشاورزی با بهره‌وری بالاتر نسبت به منابع داخلی، می‌تواند فشار بر منابع داخلی را کاهش دهد. در برخی استان‌ها نیز داده‌ها نشان داده‌اند که انتخاب الگوهای کشت بهینه و هماهنگ با شرایط اقلیمی و آبی، تأثیر مستقیمی بر افزایش کارایی مصرف آب و ارتقاء ارزش اقتصادی آن داشته است. با این حال، هم‌چنان خلأ جدی در سیاست‌گذاری منسجم برای بهره‌برداری هدفمند از مزایای تجارت آب مجازی در سطح ملی وجود دارد. در زمینه بازچرخانی و استفاده مجدد از آب، مطالعات مختلف (کریمی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۷؛ Jiménez et al., 2020) نشان داده‌اند که استفاده از آب خاکستری و پساب تصفیه‌شده، در صورت رعایت استانداردهای کیفی، نه تنها به کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی کمک می‌کند، بلکه می‌تواند از آلودگی محیط‌زیست نیز پیشگیری نماید. فناوری‌هایی مانند آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی و سیستم‌های بازیافت پساب، در بسیاری از مناطق نیمه‌خشک آسیا نیز به‌عنوان راهکارهای مکمل معرفی شده‌اند (Song et al., 2017؛ Zheng et al., 2021)، با این حال در ایران، نبود برنامه‌های جامع برای تأمین مالی و نبود آگاهی‌رسانی مؤثر، موانعی جدی در مسیر توسعه این فناوری‌ها به‌شمار می‌روند. در زمینه استفاده از سیلاب‌ها نیز نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که با وجود درک سنتی از سیلاب به‌عنوان عاملی مخرب، این پدیده می‌تواند نقشی کلیدی در تغذیه سفره‌های زیرزمینی، بهبود کیفیت خاک و افزایش مواد آلی ایفا کند. شواهد متعدد (فراشی و همکاران، ۱۴۰۴؛ قربانیان و همکاران، ۱۳۹۸؛ یوسفیان و همکاران، ۱۴۰۰) حاکی از آن است که بحران آب در ایران نه صرفاً پیامد کمبود منابع طبیعی، بلکه ریشه در ضعف ساختاری، ناهماهنگی بین دستگاه‌ها، فقدان قوانین به‌روز و مشارکت‌گریزی دارد. الگوهای حکمرانی موجود عمدتاً دولتی، متمرکز و از بالا به پایین هستند و این در تضاد با رویکردهای نوین حکمرانی مشارکتی است که در کشورهای پیشرو در حوزه مدیریت منابع طبیعی به‌کار گرفته می‌شود (Gelendenning et al., 2012; Bouma et al., 2016) نبود استفاده مؤثر از تخصص‌های بین‌رشته‌ای، بی‌توجهی به دانش بومی، و تدوین راهکارهایی غیرواقع‌بینانه، این بحران را تشدید کرده‌اند. بر این اساس، چنان‌که پژوهشگران آسیایی و بین‌المللی پیشنهاد می‌دهند (Wang et al., 2014; Ali et al., 2019)، برای عبور از وضعیت فعلی، باید به سمت طراحی و اجرای برنامه‌های اولویت‌دار و آمایش سرزمینی (بیوفیزیکی و اجتماعی) با تأکید بر ارزیابی اقتصاد بوم‌شناختی، دانش‌محوری، مشارکت جوامع محلی و بازنگری سیاست‌گذاری‌های بخشی حرکت کرد. تنها در این صورت است که می‌توان از راهکارهای معرفی‌شده، بهره‌برداری مؤثر و پایدار به‌عمل آورد و زمینه‌ساز کاهش بحران آب در ایران شد.

هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که در بسیاری از این کشورها از مدل‌های شبیه‌سازی و برنامه‌ریزی منابع آب به‌عنوان ابزارهایی کارآمد در مدیریت بهینه منابع آبی استفاده شده است. در این راستا، از مدل WEAP به عنوان یکی از ابزارهای تحلیلی شناخته‌شده مرور مطالعات پیشین نظیر Zainuddin et al. (2017)، Griffith (2009) و Prasetio et al. (2019) نشان می‌دهد که مدل WEAP به‌ویژه در شرایط خشکسالی و تغییر اقلیم، در برنامه‌ریزی بهینه منابع آب حوضه‌های آبریز کارآمد بوده است. هم‌چنین، نتایج پژوهش Mutiga et al. (2010)در حوضهٔ اوواسونیرو در کنیا، بیانگر کارایی مدل WEAP در کاهش تعارضات مصرف آب و برقراری تعادل میان عرضه و تقاضای منابع آبی است. هم‌چنین، در بخش دیگری از این مطالعه، مروری جامع بر روش‌های گوناگون مدیریت بهینه و پایدار منابع آب که توسط پژوهشگران مختلف پیشنهاد شده‌اند، صورت گرفت. این روش‌ها عمدتاً بر افزایش بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی و کاهش تلفات منابع آبی متمرکز بوده‌اند هم‌چنین، تحلیل مطالعات انجام‌شده در برخی کشورها نشان می‌دهد که تمرکز بر راهکارهای مدیریتی نوین و فناورانه، نقش قابل‌توجهی در بهینه‌سازی مصرف آب و کاهش فشار (Galindo et al., 2018) بر منابع طبیعی ایفا کرده است. برای مثال، در برخی مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، کاهش میزان آبیاری و به‌کارگیری روش‌های مدیریت تقاضا از جمله راهبردهای مؤثر بوده‌اند. در کنار آن، استفاده از فناوری‌های پیشرفته آبیاری همچون سامانه‌های آبیاری هوشمند (Evans & Sadler, 2008) در کشورهای توسعه یافته، موجب کاهش چشمگیر تلفات آب در مزرعه شده هم‌چنین، کشورهایی که در معرض خشکسالی‌های مکرر قرار دارند، به‌سمت کشت محصولات مقاوم به کم‌آبی (Hu & Xiong, 2014) حرکت کرده‌اند تا پایداری تولید را تضمین کنند. از سوی دیگر، جایگزینی محصولات

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]
[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

پرمصرف با محصولات کم‌آب‌بر (Davis et al., 2017)، مالچ‌پاشی[1] برای حفظ رطوبت خاک (Kader et al., 2019)، و بهره‌گیری از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی[2] (Ali et al., 2017) نیز از جمله اقداماتی است که در بسیاری از کشورها با موفقیت به کار گرفته شده‌اند.

سیاست‌های کلان در حوزه کشاورزی، به‌ویژه در زمینه‌هایی چون تعیین نوع محصولات قابل کشت، سیاست‌های وارداتی و نظام خرید تضمینی، تأثیر بسزایی در تعیین الگوی رفتاری کشاورزان و بهره‌برداران منابع طبیعی ایفا کرده‌اند. اتخاذ این سیاست‌ها، اغلب بدون توجه کافی به قابلیت‌های اقلیمی، ظرفیت‌های واقعی اراضی و محدودیت‌های فزاینده منابع آبی کشور صورت گرفته است. در نتیجه، بسیاری از کشاورزان به سمت کشت محصولات با نیاز آبی بالا سوق یافته‌اند که این امر به تشدید بحران کم‌آبی در بسیاری از مناطق منجر شده است. چنین ناهماهنگی میان سیاست‌گذاری‌های کشاورزی و ویژگی‌های بوم‌شناختی اراضی، نه تنها بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی را مختل کرده، بلکه فرصت‌های لازم برای استقرار فناوری‌ها و روش‌های نوین مدیریت و بهینه‌سازی مصرف آب را نیز محدود ساخته است. پیامدهای این وضعیت شامل بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، کاهش سطح و کیفیت منابع آبی سطحی و زیرسطحی، و افزایش آسیب‌پذیری محیط زیستی و اقتصادی بخش کشاورزی است. با توجه به تداوم روند فعلی و تشدید پیامدهای آن، بازنگری در سیاست‌های کشاورزی امری ضروری است. جهت‌گیری مجدد این سیاست‌ها باید در راستای حمایت از کشت محصولات کم‌آب‌بر، متناسب با ظرفیت‌های بوم‌شناختی مناطق، و ترویج شیوه‌های بهره‌برداری پایدار باشد. تحقق این هدف نه تنها به حفاظت از منابع آبی کشور کمک خواهد کرد، بلکه می‌تواند به ارتقای بهره‌وری، تضمین امنیت غذایی و دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی منجر شود.

## نتیجه‌گیری

مطالعه‌ی حاضر شواهد تجربی و علمی متعدد را بررسی کرده و نشان داده که در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، استفاده از راهکارهای نوین و کم‌هزینه می‌تواند به‌طور مؤثری در مدیریت منابع آب و کاهش بحران کم‌آبی مؤثر باشد. از جمله این راهکارها، ساخت سدهای زیرزمینی، سامانه‌های جمع‌آوری آب باران، بازچرخانی آب خاکستری، و استفاده از سیلاب‌ها هستند که با بومی‌سازی و توجه به ویژگی‌های اقلیمی و ژئومورفولوژیک هر منطقه، می‌توانند به‌عنوان گزینه‌های مؤثر در کاهش فشار بر منابع آب و بهبود تاب‌آوری در برابر بحران‌های آبی عمل کنند. در این میان، استفاده از فناوری‌های پیشرفته مانند مدل‌های تحلیل فضایی GIS، منطق فازی و مدل‌های شبیه‌سازی مانند مدل WEAP نقش مهمی در بهینه‌سازی طراحی و اجرای این راهکارها ایفا می‌کنند. هم‌چنین، ادغام این تکنیک‌ها با دانش بومی و بهره‌برداری از تجربه‌های موفق جهانی، می‌تواند زمینه‌ساز کاهش بحران آب در ایران باشد. با این حال، چالش‌های حکمرانی و ضعف ساختاری در مدیریت منابع آب هم‌چنان باقی است.

فقدان هماهنگی بین دستگاه‌ها، قوانین ناکافی و ناهماهنگ، و عدم مشارکت مؤثر ذی‌نفعان از عوامل اصلی بحران آب در کشور است. برای حل این مسائل، به‌ویژه باید به حکمرانی مشارکتی و دانش‌محور توجه بیش‌تری شود و سیاست‌گذاری‌های یکپارچه‌ای با تاکید بر ارزیابی اقتصادی و بهره‌برداری مؤثر از فناوری‌های نوین، در سطح ملی و محلی اجرایی شود. تجارب کشورهای پیشرفته و در حال توسعه نیز نشان می‌دهند که ترکیب فناوری‌های پیشرفته آبیاری، اصلاح الگوهای کشت، و به‌کارگیری روش‌های نوین کشاورزی می‌تواند راه‌حل‌های پایداری برای مدیریت منابع آب در ایران ارائه دهد. به‌ویژه، استفاده از آبیاری هوشمند، کشت محصولات مقاوم به خشکسالی، و روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی در بسیاری از کشورها با موفقیت پیاده‌سازی شده است و می‌تواند برای ایران نیز قابل‌انتقال باشد. در نهایت، دستیابی به یک مدیریت پایدار منابع آب در ایران نیازمند تلفیق صحیح و هماهنگ این راهکارهای فنی، اجتماعی و حکمرانی است. این تلفیق باید در قالب برنامه‌ها و سیاست‌های جامع و هم‌راستا با شرایط بومی، اجرایی شود تا بحران آب در ایران کاهش یابد و منابع آبی به‌طور بهینه مدیریت شوند. در نهایت، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاری کلان و جامع در حوزه آمایش سرزمین صورت گیرد. بهره‌برداری از اراضی بر اساس قابلیت‌های اقلیمی، خاک و منابع آب انجام شود. قیمت واقعی آب به‌منظور تشویق مصرف بهینه مدنظر قرار گیرد. صادرات محصولات کشاورزی پرآب‌بر توسط دولت محدود شود. حمایت از خرید تضمینی محصولات کم‌آب‌بر با توجه به ارزش واقعی آن‌ها تعیین شود. بهره‌وری منابع آب و حفظ امنیت غذایی از طریق سیاست‌های هدفمند ارتقا یابد.

## ملاحظات اخلاقی

**دسترسی به داده‌ها:** داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

[1] Mulching
[2] Conservation Tillage

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]
[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

**حمایت مالی:** پژوهش حاضر از هیچ سازمانی پشیبانی مالی نشده است.
**مشارکت نویسندگان:** **رقیه محمدلو:** روش تحقیق، نتایج، نتیجه‌گیری و نگارش مقاله و **مصحب صعود حمد:** جستجوی مقالات و روش تحقیق.
**تضاد منافع نویسندگان:** نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.
**سپاس‌گزاری:** نویسندگان این مقاله، از جناب آقای دکتر حسین خیرفام دانشیار محترم گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه ارومیه بابت راهنمایی ارزشمندشان و همچنین از داوران محترم مقاله بابت ارائه نظرات ارزشمندشان تشکر و قدردانی می‌نماید.

## منابع

۱. آبسته، مراد، مردانی‌کرانی، عارف، محبی، آرش (۱۴۰۳). ارزیابی و تجزیه و تحلیل پتانسیل بازیافت پساب‌های صنایع غذایی با استفاده از انرژی خورشیدی. *پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی*، (۱۳)۱، ۱۱۵–۱۲۵. https://doi.org/10.22034/JRMAM.2024.14421.663
۲. آبشیری، فریال، بذرافشان، ام‌البنین، بی‌نیاز، مهدی (۱۴۰۳). بررسی اثر پخش سیلاب بر تغییرات کمیت و کیفیت آب زیرزمینی در دشت توکهور – هشتبندی– جنوب ایران. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۲(۳)، ۱–۱۸. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1403.12.3.3.0
۳. احمدی‌پور، زهرا، احمدی، ابراهیم (۱۳۹۹). حکمرانی؛ تحلیل واکاوانه از عوامل مؤثر ناکامی در ایران. *سیاست‌های راهبردی و کلان*، ۸، ۱۱۰–۱۴۰. doi: 10.30507/jmsp.2020.102558
۴. اسلامی، روح‌الله، رحیمی، احمد (۱۳۹۸). سیاست‌گذاری و بحران آب در ایران. *سیاست‌های راهبردی و کلان*، ۷(۲۷)، ۴۱۰–۴۳۵. doi: 10.32598/JMSP.7.3.5
۵. اسمعلی‌عوری، اباذر، گلشن، محمد، خرمی، کیوان (۱۳۹۵). اولویت‌بندی محورهای مناسب برای احداث سد زیرزمینی در حوضه آبخیز دوست‌بیگلو. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۸(۴)، ۶۴۵–۶۵۹. https://doi.org/10.22059/jphgr.2016.60834
۶. امانیان، نصرت‌الله، ایلیاتی، عیسی، مختاری، محمدحسین (۱۳۹۸). مکان‌یابی سد زیرزمینی با استفاده از سنجش از دور(RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مطالعه موردی: دشت کاشان. *خشک‌بوم*، ۹(۱)، ۲۱–۳۷. doi:10.29252/aridbiom.2019.1541
۷. امینی‌نژاد، بابک، فراهانی، مریم، دهقانی، بیدا (۱۴۰۱). بررسی وضعیت کمی و کیفی منابع آب دشت ورامین و ارائه راهکار جهت مدیریت پایدار در منطقه. *رویکردهای نوین در مهندسی عمران*، ۶(۲)، ۵۸–۷۳. https://doi.org/10.30469/jnace.2022.157832
۸. پاک‌پرور، مجتبی، نکوییان، غلامعلی، قهاری، غلامرضا، چراغی، سیدعلی‌محمد، مجیدی، علیرضا (۱۴۰۱). اندازه‌گیری مستقیم و شبیه‌سازی اثر میزان سیلاب بر نرخ تغذیه به آبخوان در سامانه پخش سیلاب گربایگان. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۳)، ۲۵۶–۲۷۶. https://doi.org/10.22098/mmws.2022.11883.1183
۹. تارا، سمیه سادات، موسوی رینه، سیده مهسا، یوسفی، حسین (۱۴۰۱). مدیریت پایدار منابع آب با استفاده از ارائه طرح بازچرخانی رواناب شهری با هدف آبیاری فضای سبز (مطالعه موردی کانال الهیه منطقه ۳ تهران). *اکوهیدرولوژی*، ۹(۴)، ۷۷۱–۷۸۲. https://doi.org/10.22059/ije.2023.352783.1705
۱۰. جلیلی، جلال، جلیلی، خلیل، حصادی، همایون، حدیدی، مسلم (۱۳۹۳). تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی از طریق کانال‌های زهکش سطحی با استفاده از روش AHP. *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، (۸) ۲۴. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20089554.1393.8.24.4.1
۱۱. جهان‌تیغ، منصور، جهان‌تیغ، معین (۱۴۰۲). بررسی تأثیر سامانه‌های سطوح آبگیر باران بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق خشک (مطالعه موردی: منطقه میل نادر سیستان). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۱(۲)، ۱۷–۲۹. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1402.11.2.2.0
۱۲. جوادی‌مجد، داود، پورقاسم، اصغر، کریمی، باقر، کمالی، کورش (۱۳۹۹). بررسی نقش سامانه‌های سطوح آبگیر باران در توسعه باغ‌های فندق در اراضی شیبدار. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۸(۲)، ۱–۱۲. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1399.8.2.3.0
۱۳. حاج‌سیدعلی‌خانی، نجمه، سعیدیان، حمزه، ابکار، علیجان (۱۴۰۲). بررسی حساسیت روش ژئوالکتریک در مکان‌یابی مناسب سدهای زیرزمینی مناطق کویری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سامون‌جهر استان کرمان). *مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۱۴(۲)، doi: 10.22125/iwe.2023.378942.1696.
۱۴. حبیبیان، سیدمحمدرضا، قهاری، غلامرضا، حاتمی، احمد (۱۴۰۲). ارزیابی اثر پخش سیلاب بر نوسان‌های شاخص‌های گیاهان مرتعی در ایستگاه آبخوانداری کوثر. *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۴، ۳۲–۴۸. https://doi.org/10.22092/wmrj.2023.360770.1508
۱۵. حشمت‌پور، علی، سجادی، سیدجواد، محمدیان، یوسف (۱۴۰۳). مدیریت نزولات جوی به کمک سطوح آبگیر باران در مناطق نیمه‌خشک (مطالعه موردی حوزه آبخیز قویجق). *مرتع و آبخیزداری*، ۷۷(۳)، ۳۷۱–۳۸۷. doi: 10.22059/jrwm.2024.373203.1750

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]
[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

۱۶. حیدری، علی (۱۳۹۷). مدیریت منابع آب و بازچرخانی پساب، راهکار تأمین آب شرب مناطق خشک: مطالعه موردی شهر مشهد. *علوم و مهندسی آب و فاضلاب*، ۳(۴)، ۴۹–۶۴. https://doi.org/10.22112/jwwse.2019.148851.1110

۱۷. خرمی وفا، محمود، نوری، مهدی، مندنی، فرزاد، ویسی، هادی (۱۳۹۵). بررسی آب مجازی، بهره‌وری و ردپای اکولوژیک آب در مزارع گندم آبی و ذرت در منطقه کوزران (شهرستان کرمانشاه). *آب و توسعه پایدار*، ۳(۲)، ۱۹–۲۶. https://doi.org/10.22067/jwsd.v3i2.50280

۱۸. دهقانی، بیدا، فراهانی، مریم، امین‌نژاد، بابک (۱۴۰۱). بررسی وضعیت کمی و کیفی منابع آب دشت ورامین و ارائه راهکار جهت مدیریت پایدار در منطقه. *رویکردهای نوین در مهندسی عمران*، ۶(۲)، ۵۸–۷۳. https://doi.org/10.30469/jnace.2022.157832

۱۹. رستمی خلج، محمد، نور، حمزه، باقریان کلات، علی، خیرخواه، زرکش میرمسعود (۱۴۰۰). شناسایی مکان‌های مناسب استحصال آب زیرسطحی با استفاده از سد زیرزمینی (مطالعه موردی: حوضه‌های مرزی شهرستان تربت‌جام). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۹(۴)، ۱۹–۳۲. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1400.9.4.3.1

۲۰. رضایی، سمیرا، جوادی، سامان، کاردان مقدم، حمید (۱۳۹۹). ارزیابی راهکارهای مدیریت منابع آب زیرزمینی با استفاده از رویکرد اجزای محدود در شبیه‌سازی عددی. *هیدروژئولوژی*، ۵(۲)، ۳۲–۴۲. https://doi.org/10.22034/hydro.2020.10459

۲۱. زارعی، نگین، کرد، مهدی (۱۴۰۱). مکان‌یابی احداث سد زیرزمینی با به‌کارگیری روش‌های منطق بولین و تحلیل سلسله مراتبی به وسیله سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوضه آبریز حسن‌آباد در استان کرمانشاه). *هیدروژئولوژی*، ۷(۲)، ۱۷۲–۱۸۶. https://doi.org/10.22034/hydro.2022.50085.1258

۲۲. سررشته‌داری، امیر، صالحپور جم، امین، سلطانی، محمدجعفر، نوروزی، علیاکبر، شادمانی، علیرضا، خیرخواه زرکش، میرمسعود (۱۴۰۱). ارزیابی اثرات طرح‌های پخش سیلاب از دیدگاه خبرگان با کاربرد آزمون‌های ناپارامتریک آماری، مطالعه موردی: آبخوان آباریک بم. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۴(۱)، ۵۵–۶۴. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2020.127852.1722

۲۳. سلطانی، عادل (۱۳۹۶). امکان‌سنجی مناطق مستعد استحصال آب باران با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی در محیط GIS (مطالعه موردی: حوضه خسروآباد شهرستان سنقر). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۵(۲)، ۶۵–۷۶. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1396.5.2.6.2

۲۴. سلمان‌سوری، سیامک، بهاروند، وهاب، امیری (۱۳۹۶). پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از روش سلسله‌مراتبی فازی (مطالعه موردی: دشت رومشگان). *زمین‌شناسی محیط زیست*، ۱۱(۴۰)، ۱۱–۲۶. https://www.doi.org/10.22111/gdij.2020.5655

۲۵. صادقی، امیررضا، حسینی، سیدموسی، یمانی، مجتبی، جعفربیگلو، منصور (۱۴۰۱). مکان‌یابی محل‌های مناسب تغذیه مصنوعی آبخوان دشت شریف‌آباد قم با تأکید بر ویژگی‌های هیدروژئومرفولوژیکی منطقه. *پژوهش‌های دانش زمین*، ۱۳(۱)، ۱۰۰–۱۱۶. https://doi.org/10.48308/esrj.2022.100768

۲۶. صالحی شفا، نیما، بابازاده، حسین، آقایاری، فیاض، صارمی، علی (۱۴۰۱). برنامه‌ریزی چندهدفه به منظور بهره‌برداری بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی و سیستم تغذیه مصنوعی. اکوهیدرولوژی، ۹(۱)، ۷۷–۹۵. https://doi.org/10.22059/ije.2022.331523.1558

۲۷. طالبی، علی، فروهر، خدامراد، دستورانی، محمدتقی، پرویزی، سارا (۱۴۰۱). اثر احداث پخش سیلاب در آبدهی قنوات پایین‌دست (مطالعه موردی: سامانه پخش سیلاب مهریز یزد). *مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۱۰(۳۱)، ۳۱–۴۲. https://doi.org/10.22052/DEEJ.2021.10.31.21

۲۸. طاهری، سیده محدثه طاهری، بانژاد، حسین، کریمی میاندواب، هادی (۱۴۰۲). بررسی امکان استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری با توجه به اثرات محیط زیستی آن (مطالعه موردی پساب خروجی تصفیه‌خانه لوکال چهل‌بازه). *آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۷(۶)، ۱۰۳۵–۱۰۵۲.

۲۹. عابدی، سمانه (۱۴۰۳). مدیریت منابع آب و امنیت غذایی: با رویکرد تحلیلی چالش‌های حکمرانی آب. *تحلیل‌ها و اندیشه‌های اقتصادی*، ۱(۳)، ۱–۳۰. https://doi.org/10.22034/eaai.2025.2039737.1037

۳۰. عبدالله‌زاده کهریزی، رحیم، کوکبی‌نژاد مقدم، امیرحسین، معروفی‌نیا، ادریس (۱۴۰۲). بررسی آب مجازی و شاخص بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات زراعی دشت پلدشت. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۱)، ۵۴–۶۸. https://doi.org/10.22098/mmws.2022.11090.1100

۳۱. عرب خدری، محمود، شادفر، صمد، جعفری اردکانی، علی، بیات، رضا، خواجوی، الیاس، مهدیان، محمدحسین (۱۳۹۷). تدقیق برآورد فرسایش آبی در ایران. *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۳۱(۳)، ۱۳–۲۷. https://doi.org/10.22092/wmej.2018.121424.1106

۳۲. عرب عامری، علیرضا، سهرابی، مسعود، رضایی، خلیل، شیرانی، کورش (۱۳۹۷). مکان‌یابی سد زیرزمینی با استفاده از تکنیک GIS و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP). *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ۱۲(۴۱)، ۵۱–۶۰. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20089554.1397.12.41.5.4


[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

۳۳. عسگری، سهراب، کوه‌نورد، ماهره، هداوند، معصومه (۱۳۹۷). ناامنی استراتژیک آب و نقش حکمرانی ناکارآمد در پیدایش آن. *مدیریت سرمایه اجتماعی*، ۵(۳)، ۴۵۷–۴۷۷. https://doi.org/10.22059/jscm.2018.266619.1694

۳۴. عشقی‌زاده، مسعود، نورا، نادر، حیدری، حسین (۱۳۸۹). انتخاب محل‌های مناسب جمع‌آوری رواناب به‌منظور تغذیه قنوات (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کلات گناباد). *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۲۳(۴)، ۲۷–۳۶.

۳۵. غفوری‌خرانق، سمانه، بنی‌حبیب، محمدابراهیم، جوادی، سامان. (۱۳۹۸). چالش‌ها و راهکارهای اصلاحی حکمرانی آب زیرزمینی در دشت یزد–اردکان با استفاده از مدل DPSIR. *اکوهیدرولوژی*، ۶(۴)، ۱۰۲۹–۱۰۴۳. doi: 10.22059/ije.2019.284186.1147

۳۶. فتحی، تورج (۱۴۰۳). مروری بر منابع، مصارف و چالش‌های منابع آب ایران: لزوم احیای مدیریت مبتنی بر حوضه آبریز. *سرزمین‌های پارس آرین زمین*، ۳(۱). https://doi.org/10.61186/jpat.2024.3.2

۳۷. فراشی، زینب، شعبانعلی فمی، حسین، اسدی، علی، براتی، علی‌اکبر (۱۴۰۴). تبیین مؤلفه‌های امنیت آبی و ارائه راهکارهای مدیریتی در بخش کشاورزی: مورد مطالعه استان لرستان، ایران. *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۶(۷). https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.391058.669889

۳۸. قدرتی، مهران، سعیدپناه، ایرج (۱۳۹۸). تعیین محل مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی آبخوان هشتگرد به روش منطق فازی GIS مبنا. *مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۱۰(۲)، ۱۶۳–۱۷۷ . doi: 10.22125/iwe.2019.100748

۳۹. کریمی سنگچینی، ابراهیم، یوسفی مبرهن، ابراهیم، ویسکرمی، ایرج، ویسکرمی، فیروزه (۱۴۰۳). بررسی اثر پخش سیلاب بر نفوذپذیری خاک (مطالعه موردی: پخش سیلاب داوودرشید کوهدشت). *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ۱۸(۶۶)، ۴۹–۵۸. https://doi.org/10.48308/envs.2024.1447

۴۰. کله‌هوئی، مهین، مصطفی‌زاده، رئوف، اسمعلی‌عوری، اباذر، رحمانی ننه‌کران، فردین، فاضلی، علیرضا، علائی، نازیلا، حزباوی، زینب (۱۴۰۳). تحلیل ارتباط بین تغییرات مؤلفه‌های هیدرولوژیکی و سنجه‌های سیمای سرزمین تحت شبیه‌سازی باران و پوشش گیاهی مرتعی استان اردبیل. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۶(۱)، ۹۸–۱۱۶. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2023.361373.2010

۴۱. کمالی، کورش، جوادی، مجدد داود، پورقاسم، اصغر، کریمی، باقر (۱۳۹۹). بررسی نقش سامانه‌های سطوح آبگیر باران در توسعه باغ‌های فندق در اراضی شیبدار. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۸(۲)، ۱–۱۲. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1399.8.2.3.0

۴۲. گرگانلی دوجی، آرتق، جندقی، نادر، قره محمودلو، مجتبی، نیک قوجق،یعقوب (۱۴۰۰). اثر پخش طبیعی سیلاب اسفند ۱۳۹۷ بر خصوصیات کمی و کیفی آب زیرزمینی در پهنهٔ سیلاب‌دشت بخش انتهایی حوضهٔ آبریز گرگان‌رود. *اکوهیدرولوژی. ۸(۲)، ۵۳۵–۵۵۰.* https://doi.org/10.22059/ije.2021.320806.148

۴۳. گل‌پذیر، مهدی، ابراهیمی، کیومرث، مدرسی، فرشته، شمسی، محمد (۱۴۰۲). کمی‌سازی ارزش اقتصادی منابع آب کشاورزی استان اصفهان با رویکرد اصلاح الگوی کشت و بر مبنای آب مجازی. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۵۴(۳)، ۵۷۵–۵۹۲. doi: 10.22059/ijaedr.2023.353719.669200

۴۴. متقی، افشین، صدرانیا، حسن، یوسفی‌شاتوری، محمد. (۱۴۰۳). تأثیر حکمرانی محلی آب بر کاربست آب مجازی: مطالعه موردی استان اصفهان. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۵(۵۸)، ۵۲–۷۲. doi: 10.22034/jargs.2024.455318.1110

۴۵. محمدلو، رقیه، احمدی بیرگانی، حسام (۱۴۰۴). خشکیدگی برخی دریاچه‌های شور جهان، پراکنش و علت‌های آن. *مدیریت بیابان*، ۱۳(۱)، ۱۰۹–۱۴۰. https://doi.org/10.22034/jdmal.2025.2047056.1491

۴۶. محمدیان، یوسف، حشمت‌پور، علی، فتح‌آبادی، ابوالحسن، سیدیان، سیدمرتضی (۱۴۰۲). تعیین مکان مناسب احداث سطوح آبگیر باران جهت تأمین آب شرب مورد نیاز دام (مطالعه موردی: مراتع شهرستان کلاله). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۱(۴)، ۸۶–۱۰۱. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1402.11.4.8.0

۴۷. مرادی، هوشنگ، ملکی، سعید (۱۴۰۴). بررسی چالش‌های امنیتی خشکسالی و بحران آبی در استان خوزستان. *مطالعات جغرافیایی نواحی ساحلی*، ۶(۱)، ۲۱–۳۹. https://doi.org/10.22124/gscaj.2025.25366.1263

۴۸. مرادی‌نژاد، امیر، داودی‌راد، علی‌اکبر، مرادی، مجتبی (۱۴۰۱). بررسی حوضه کبودکمر جهت ایجاد سامانه‌های سطوح آبگیر باران. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۰(۲)، ۲۷–۴۲. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1401.10.2.3.4

۴۹. مرزبان، حسین،صدرایی جواهری، احمد، زیبایی، منصور، ناظم‌السادات، سید محمد جعفر، کریمی، لیلا (۱۳۹۸). بررسی وضعیت منابع و مصارف آب در ایران و راهکارهای بهبود وضعیت. *آب و فاضلاب*، ۳۰(۴)، ۱۶–۳۲. https://doi.org/10.22093/wwj.2018.126649.2663

۵۰. مشهدی، ناصر (۱۴۰۱). ارزیابی فعالیت‌های انسانی در حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز لاله‌زار کرمان). *مرتع و آبخیزداری*، ۷۵(۱)، ۱۱۹–۱۳۶. https://doi.org/10.22059/jrwm.2022.340423.1650

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

۵۱. نی‌نیوا، پدرام، شاهدی‌کاکا، خالدیان، ولید (۱۳۹۷). بررسی نقش جمع‌آوری آب باران و چشمه‌ها در جبران مصرف و هزینه آب شهر دیواندره، استان کردستان. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۶(۴)، ۳۵–۴۴. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1397.6.4.1.8

۵۲. یوسفی، مهیار، فرخزاده، بهنوش، بساطی، سمیرا (۱۳۹۶). اولویت‌بندی مناطق احداث سد زیرزمینی با استفاده از روش میانگین هندسی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی. *اکوهیدرولوژی*، ۴(۳)، ۶۶۳–۶۷۲ https://doi.org/10.22059/ije.2017.62494

## References

1. Abasteh, M., Moradani-Karani, A., Mardani-Karani, A., Aref, A., Mahbi, A., & Arash, A. (2024). Evaluation and analysis of the potential for wastewater reclamation from food industry effluents using solar energy. Journal of Research in Mechanization of Agricultural Machinery (JRMAM), 5(1), 115–125. DOI: https://doi.org/10.22034/JRMAM.2024.14421.663 [In Persian]
2. Abdi, S. (2024). Water resources management and food security: An analytical look at governance challenges. Analyses and Economic Thoughts, 1(3), 1–30. https://doi.org/10.22034/eaai.2025.2039737.1037[In Persian]
3. Abdollazadeh-Kaheri, R., Kookbi-Nejad Ghomand, A., & Mârûfi-Niya, E. (2022). Virtual water and water use efficiency in agricultural crops of Plate-leşt plain. Modeling and Management of Water and Soil, 3(1), 54–68. DOI: 10.22098/mmws.2022.11090.1100[In Persian]
4. Abshiri, F., Bazrafshan, O.B., & Bi-Niaz, M. (2024). Investigating the effect of floodplain distribution on changes in groundwater quantity and quality in the Tokhor-Heshtbandi plain, southern Iran. Rainwater Harvesting Systems, 12(3), 1–18. DOI: https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1403.12.3.3.0 [In Persian]
5. Ahmadipour, Z., & Ahmadi, I. (2020). Governance: An exploration of factors influencing failure in Iran. Policy Studies and Macro, 8, 110–140. doi: 10.30507/jmsp.2020.102558 [In Persian]
6. Ali, A. B., Elshaikh, N. A., Hong, L., Adam, A. B., & Haofang, Y. (2016). Conservation tillage as an approach to enhance crops water use efficiency. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, *67*(3), 252–262. https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1255349
7. Ali, S., Ma, X., Jia, Q., Ahmad, I., Ahmad, S., Sha, Z., & Cai, T. (2019). Supplemental irrigation strategy for improving grain filling, economic return, and production in winter wheat under the ridge and furrow rainwater harvesting system. *Agricultural Water Management*, *226*, 105842.
8. Amanian, N., Eliati, A., & Mokhatar, M. (2019). Locating an underground dam using remote sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS): A case study in Kashan plain. Arid Biome, 9(1), 21–37. DOI: 10.29252/aridbiom.2019.1541[In Persian]
9. Amininejad, B., Farahani, M., & Dehghani, B. (2022). Evaluation of quantitative and qualitative status of groundwater resources in Varamin plain and sustainable management approaches. Journal of New Approaches in Civil Engineering, 6(2), 58–73. DOI: 10.30469/jnace.2022.157832 [In Persian]
10. Amininejad, B., Farahani, M., & Dehghani, B. (2022). Evaluation of quantitative and qualitative status of groundwater resources in Varamin plain and sustainable management approaches. Journal of New Approaches in Civil Engineering, 6(2), 58–73. DOI: 10.30469/jnace.2022.157832 [In Persian]
11. Arab-Amari, A., Sahrabi, M., Rezaei, K., & Shirani, K. (2017). Locating underground dam using GIS and AHP (Iran). Iranian Journal of Watershed Engineering, 12(4(1)), 51–60. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20089554.1397.12.41.5.4[In Persian]
12. Arabkhedri, M., Shadfar, S., Jafari-Ardakani, A., Bayat, R., Khajavi, E., & Mahdian, M. H. (2018). Improving Water Erosion Estimates for Iran. *Watershed Management Research*, *31*(3), 13-27. doi: 10.22092/wmej.2018.121424.1106 [In Persian]
13. Asgari, S., Kouhnoord, M., & Hadaevand, M. (2017). Insecurity of groundwater governance and its political implications. Journal of Social Capital Management, 5(3), 457–477. DOI: 10.22059/jscm.2018.266619.1694[In Persian]
14. Bouma, J. A., Hegde, S. S., & Lasage, R. (2016). Assessing the returns to water harvesting: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, *163*, 100–109. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.012
15. Brooks, K. N., Folliott, P. F., Gregersen, H. M., & Thames, J. L. (1991). Hydrology and the Management of Watersheds. Iowa State University Press. https://doi.org/10.1029/91EO00187
16. Davis, K. F., Seveso, A., Rulli, M. C., & D'Odorico, P. (2017). Water savings of crop redistribution in the United States. *Journal of Water*, *9*(83), 1–8. https://doi.org/10.3390/w9020083
17. Dehghani, B., Farahani, M., & Amin-Nejad, B. (2022). Assessment of quantitative and qualitative status of water resources in Varamin plain and providing solutions for sustainable management. *New Approaches in Civil Engineering*, *6*(2), 58–73. DOI: 10.30469/jnace.2022.157832 [In Persian]
18. Du, Y., Fang, K., Zhao, D., Liu, Q., Xu, Z., & Peng, J. (2022). How far are we from possible ideal virtual water transfer? Evidence from assessing vulnerability of global virtual water trade. *Science of the Total Environment*, *828*, 154493. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154493

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

19. Ebrahimi, J., Moradi, H. R., & Chezgi, J. (2021). Prioritizing suitable locations for underground dam construction in south-east of Bushehr Province. *Environmental Earth Sciences*, *80*, 1–16. http://dx.doi.org/10.1007/s12665-021-09978-9
20. Eshkizadeh, M., Nura, N., Heydari, H. (2010). Selecting suitable sites for rainfall collection to nourish qanats (Case study: Klat-e Ghanabad watershed). Watershed Studies, 23(4), 27–36. [In Persian]
21. Eslami, R., & Rahimi, A. (2019). Policy-making and water crisis in Iran. Policy Studies and Macro, 7(2/7), 410–435. DOI: 10.32598/JMSP.7.3.5 [In Persian]
22. Esmaeoliaouri, A., Golen, M., Khorrami, K. (2016). Prioritization of suitable axes for the construction of an underground dam in the Doostbiqlo basin. Journal of Natural Geography, 48(4), 645–659. DOI: 10.22059/jphgr.2016.60834 [In Persian]
23. Evans, R. G., & Sadler, E. J. (2008). Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water Resources Research*, *44*(7), 1–15. https://doi.org/10.1029/2007WR006200
24. Farashi, Z., Shabani-Ali Fami, H., Asadi, A., & Barati, A. A. (2025). Explaining water security components and providing management solutions in agriculture: Case study of Lorestan Province, Iran. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. https://doi.org/10.22059/ijswr.2025.391058.669889 [In Persian]
25. Fathi, T. (2024). "Review of Water Resources, Uses, and Challenges in Iran: Need for Basin-Based Water Management Revival. *Pars Arian Land Quarterly*, *1*(3). https://doi.org/10.61186/jpat.2024.3.2 [In Persian]
26. Galindo, A., Collado-Gonzalez, J., Grinan, I., Corell, M., Centeno, A., Martin-Palomo, M. J., Giron, I. F., Rodriguez, P., Cruz, Z. N., & Memmi, H. (2018). Deficit irrigation and emerging fruit crops as astrategy to savewater in Mediterranean semiarid agrosystems. *Agricultural Water Management*, *202*, 311–324. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.015
27. Ghafoori-Kharanaq, S., Bani-Habib, M. E., & Javadi, S. (2019). Challenges and corrective solutions for groundwater governance in Yazd-Ardakan plain using DPSIR model. *Ecohydrology Journal*, *6*(4), 1029–1043. doi: 10.22059/ije.2019.284186.1147 [In Persian]
28. Ghasemi, M., & Abdelahi, A. S. (2024). Exploration of Collective Coexistence and Social Governance of Water: A Study of the Citizens of Semirom. *Strategic Research on Social Problems*, *13*(1), 101–130. https://doi.org/10.22108/srspi.2024.139147.1939
29. Ghodrati, M., & Saeedpanah, I. (2019). Determining suitable sites for artificial groundwater recharge of hashtgerd aquifer using fuzzy GIS-based logic. *Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering*, *10*(2), 163–177. doi: 10.22125/iwe.2019.100748 [In Persian]
30. Glendenning, C. J., Van Ogtrop, F. F., Mishra, A. K., & Vervoort, R. W. (2012). Balancing watershed and local scale impacts of rain water harvesting in India-A review. *Agricultural Water Management*, *107*, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.01.011
31. Gol-Pazir, M., Ebrahimi, K., Modarresi, F., & Shamsi, M. (2023). Economic Valuation of Agricultural Water Resources in Isfahan Province Using Crop Pattern Modification and Virtual Water Approach. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, *54*(3), 575–592. doi: 10.22059/ijaedr.2023.353719.669200 [In Persian]
32. Gorganli Doji, A., Jandaghi, N., Ghara-Mahmoudlou, M., & Nik-Qoujeq, Y. (2021). Effect of natural flood spreading in Esfand 1397 on quantitative and qualitative characteristics of groundwater in floodplain areas at the end of Gorganrud Watershed. *Ecohydrology*, *8*(2), 535–550. doi:10.22059/ije.2021.320806.1483 [In Persian]
33. Graham, J., Amos, B., & Plumptre, T. (2003). Principles for good governance in the 21st Century. Institute on Governance: Ontario, Canada.
34. Griffith, D. A., Solak, M. E., & Yorty, D. P. (2009). 30+ winter seasons of operational cloud seeding in Utah. *Journal of Weather Modification*, *41*, 23–37. https://doi.org/10.54782/jwm.v41i1.175
35. Habibian, S. M., Qahari, G., Hatami, A. (2023). Assessing flood distribution effects on forage plant variability indices at Kosar aquifer station. Watershed Research, 4, 32–48.https://doi.org/10.22092/wmrj.2023.360770.1508
36. Haj-Seyed Ali-Khani, N., Saeidian, H., Abkar, A. (2023). Sensitivity assessment of geoelectric method in suitable site selection of underground dams in desert areas (Case Study: Samoun-Jahor Watershed, Kerman Province). *Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering*, *14*(2), 181–196. DOI: 10.22125/iwe.2023.378942.1696 [In Persian]
37. Hariram, N. P., Mekha, K. B., Suganthan, V., & Sudhakar, K. (2023). Sustainalism: An integrated socio-economic-environmental model to address sustainable development and sustainability. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su151310682
38. He, C., Liu, Z., Wu, J., Pan, X., Fang, Z., Li, J., & Bryan, B. A. (2021). Future global urban water scarcity and potential solutions. *Nature Communications*, *12*(1): 4667. https://doi.org/10.1038/s41467-021-25026-3


[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

39. Hemathilake, D., & Gunathilake, D. (2022). Agricultural productivity and food supply to meet increased demands. In *Future foods* (pp. 539–553). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91001-9.00016-5
40. Heshmatpour, A., Sajadi, S. J., Mohammadian, Y. (2024). Management of precipitation using rainwater harvesting systems in semi-arid areas (Case study: Qavijagh Watershed). *Journal of Rangeland and Watershed Research*, *77*(3), 371–387. doi: 10.22059/jrwm.2024.373203.1750 [In Persian]
41. Heydari, A. (2018). Water resources management and wastewater reuse: A solution to supply drinking water in arid areas (Case study: Mashhad City). *Water and Wastewater Engineering Sciences*, *3*(4), 49–64. https://doi.org/10.22112/jwwse.2019.148851.1110 [In Persian]
42. Hu, H., & Xiong, L. (2014). Genetic engineering and breeding of drought-resistant crops. *Annual Review of Plant Biology*, *65*, 715–741. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050213-040000
43. Islam, M., Kashem, S., Momtaz, Z., & Hasan, M. M. (2023). An application of the participatory approach to develop an integrated water resources management (IWRM) system for the drought-affected region of Bangladesh. *Heliyon*, *9*(3). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14260
44. Jahantigh, M., & Jahantigh, M. (2023). Investigation of the effect of rainwater harvesting systems on physical and chemical properties of soil in arid areas (Case Study: Mil Nader Region, Sistan). *Rainwater Harvesting Systems*, *11*(2), 17–29. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1402.11.2.2.0 [In Persian]
45. Jalili, J., Jalili, K., Hasadi, H., Hadidi, M. (2014). Artificial groundwater recharge via surface drainage channels using the AHP method. Iranian Journal of Watershed Engineering, 8(24). DOI: https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20089554.1393.8.24.4.1 [In Persian]

۴۶. Javadimajd, D., Pourghasem, A., Karimi, B., & Kamali, K. (2020). Role of Rainwater Harvesting Systems in Developing Hazelnut Orchards on Sloping Lands. *Rainwater Harvesting Systems*, *8*(2), 1–12. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1399.8.2.3.0 [In Persian]

47. Jiménez, A., Saikia, P., Giné, R., Avello, P., Leten, J., Liss Lymer, B., Schneider, K., & Ward, R. (2020). Unpacking water governance: A framework for practitioners. *Water*, *12*(3), 827. https://doi.org/10.3390/w12030827
48. Kader, M. A., Singha, A., Begum, M. A., Jewel, A., Khan, F. H., & Khan, N. I. (2019). Mulching as watersaving technique in dryland agriculture: Review article. *Bulletin of the National Research Centre*, *43*(147), 1–6. https://doi.org/10.1186/s42269-019-0186-7
49. Kalehhouei, M. , Mostafazadeh, R. , Esmali Ouri, A. , Naneh Karan, Fardin, R. , Alireza, F. , Alaei, N. and Hazbavi, Z. (2024). Analysis the relationship between the changes of hydrological components and landscape metrics under rainfall simulation and rangeland vegetation of Ardabil Province. *Watershed Engineering and Management*, *16*(1), 98-116. doi: 10.22092/ijwmse.2023.361373.2010
50. Kamali, K., Javadi Majd, D., Pourghasem, A., & Karimi, B. (2020). Role of rainwater harvesting systems in developing hazelnut orchards on sloping lands. *Rainwater Harvesting Systems*, *8*(2), 1–12 https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1399.8.2.3.0 [In Persian]
51. Karimi-Sangchini, E., Yousefi-Mobarhan, E., Viskarmi, I., & Viskarmi, F. (2024). Investigation of flood spreading effects on soil permeability (Case Study: Davood Rashid Flood Spreading, Kouhdasht). *Iranian Journal of Watershed Science and Engineering*, *18*(66), 49–58. https://doi.org/10.48308/envs.2024.1447 [In Persian]
52. Khorrami Vafa, M., Nouri, M., Mendani, F., & Vaisi, H. (2016). Virtual water, productivity, and water ecological footprint assessment in irrigated wheat and corn farms in Kozran Region (Kermanshah Province). *Water and Sustainable Development Quarterly*, *3*(2), 19–26. DOI: 10.22067/jwsd.v3i2.50280 [In Persian]
53. Kuzma, S., Saccoccia, L., & Chertock, M. (2023). Countries, housing one-quarter of the population, face extremely high water stress. World Resources Institute.
54. Marzban, H., Sedraei Javaheri, A., Zibaei, M., Nazem-Alsadat, S. M. J., & Karimi, L. (2018). Assessment of water resources and uses in Iran and strategies for improvement. *Water and Wastewater Journal*, *30*(4), 16–32. https://doi.org/10.22093/wwj.2018.126649.266 [In Persian]
55. Mashhadi, N. (2022). Assessment of human activities in the watershed (Case study: Lalehzar Watershed, Kerman). *Rangeland and Watershed Management*, *75*(1), 119–136. https://doi.org/10.22059/jrwm.2022.340423.1650 [In Persian]
56. Mishra, B. K., Kumar, P., Saraswat, C., Chakraborty, S., & Gautam, A. (2021). Water security in a changing environment: Concept, challenges and solutions. *Water*, *13*(4): 490. https://doi.org/10.3390/w13040490
57. Mishra, R. K. (2023). Fresh water availability and its global challenge. *British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies*, *4*(3):1–78. https://doi.org/10.37745/bjmas.2022.0208
58. Mohammadian, Y., Heshmatpour, A., Fath-Abadi, A., & Seyedian, S. M. (2023). Determining suitable locations for rainwater harvesting to provide drinking water for livestock (Case Study: Rangelands of Kalaleh County). *Rainwater Harvesting Systems*, *11*(4), 86–101. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1402.11.4.8.0 [In Persian]


[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

59. Mohammadlou, R., & Ahmadi Birgani, H. (2026). Desiccation of some saline lakes in the world: distribution and causes. *Desert Management*, *13*(1), 109–140. https://doi.org/10.22034/jdmal.2025.2047056.14 [In Persian]
60. Moradi, H., & Maleki, S. (2026). Review of drought security and water crisis challenges in Khuzestan Province. *Geographical Studies of Coastal Regions*, *6*(1), 21–39. https://doi.org/10.22124/gscaj.2025.25366.1263 [In Persian]
61. Moradinejad, A., Davoudi-Rad, A., & Moradi, M. (2022). Assessment of Kabudkamar Watershed for Implementation of Rainwater Harvesting Systems. *Rainwater Harvesting Systems*, *10*(2), 27–42. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1401.10.2.3.4 [In Persian]
62. Motaghi, A., Sedrania, H., & Yousefi-Shatori, M. (2024). Effect of local water governance on virtual water utilization: Case study of Isfahan Province. *Drylands Geographical Studies*, *15*(58), 52–72. doi: 10.22034/jargs.2024.455318.1110 [In Persian]
63. Mutiga, J. K., Mavengano, S. T., Zhongbo, S., Woldai, T., & Becht, R. (2010). Water allocation as a planning tool to minimize water use conflicts in the Upper Ewaso Ng'iro North Basin, Kenya. *Water Resource Management*, *24*, 3939–3959. DOI: 10.1007/s11269-010-9641-9
64. Niniwa, P., Shahedi, K., & Khaledian, W. (2018). Role of rainwater harvesting and springs in supplementing water consumption and costs in Divandareh City, Kurdistan Province. *Rainwater Harvesting Systems*, *6*(4), 35–44. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1397.6.4.1.8 [In Persian]
65. Pahl-Wostl, C. (2019). Governance of the water-energy-food security nexus: A multi-level coordination challenge. *Environmental Science and Policy*, *92*, 356–367. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.017
66. Pakparvar, M., Nokoyian, G., Ghahari, G. (2022). Direct measurement and simulation of flood intensity effects on aquifer recharge in the Gorbayan flood distribution system. Modeling & Management of Water and Soil, 3(3), 256–276. DOI: 10.22098/mmws.2022.11883.1183 [In Persian]
67. Prasetio, A., Widjiantoro, B. L., & Nasution, A. M. T. (2019). Overview of ground-based generator towers as cloud seeding facilities to optimize water resources in the Larona Basin. *MATEC Web of Conferences*, *276*, 11 p. https://doi.org/10.1051/matecconf/201927606025
68. Rezaei, S., Javadi, S., & Kardan Moghadam, H. (2020). Evaluation of groundwater management solutions using finite element approach in numerical simulation. *Hydrogeology*, *5*(2), 32–42. https://doi.org/10.22034/hydro.2020.10459 [In Persian]
69. Rostami Khalej, M., Nour, H., Baqrian Kalat, A., Kheyrkha Mirmosad, Z. (2021). Identifying suitable locations for groundwater extraction using rainwater harvesting ponds (Case study: Border basins of Torbat Jam). Rainwater Harvesting Systems, 9(4), 19–32. https://doi.org/10.30469/jnace.2022.157832[In Persian]
70. Sadeghi, A. R., Hosseini, S. M., Yamani, M., & Jafar-Biglou, M. (2022). Locating suitable sites for artificial groundwater recharge in Sharifabad plain, Qom with emphasis on hydrogeomorphological features. *Earth Science Research*, *13*(1), 100–116. https://doi.org/10.48308/esrj.2022.100768 [In Persian]
71. Sadeghiravesh, M. H., Khosravi, H., & Abolhasani, A. (2023). Selecting proper sites for underground dam construction using Multi-Attribute Utility Theory in arid and semi-arid regions. *Journal of Mountain Science*, *20*(1), 197–208. https://doi.org/10.1007/s11629-021-7262-9
72. Salehi Shafa, N., Babazadeh, H., Aghayari, F., & Saremi, A. (2022). Multi-objective planning for optimal exploitation of surface and groundwater resources and artificial recharge systems. *Ecohydrology*, *9*(1), 77–95. https://doi.org/10.22059/ije.2022.331523.1558 [In Persian]
73. Salman-Souri, S., Baharvand, V., & Amiri. (2017). Potential assessment of groundwater resources using fuzzy AHP (Case study: Rumesgan Plain). *Environmental Geology Journal*, *11*(40), 11–26. https://www.doi.org/10.22111/gdij.2020.5655 [In Persian]
74. Sarreshtedari, A., Salehpour Jam, A., Soltani, M. J., Norouzi, A., Shadmani, A., & Kheirkhah Zarkesh, M. (2022). Evaluation of flood spreading projects effects from experts' views using non-parametric statistical tests (Case study: Abbarik Aquifer, Bam). *Watershed Engineering and Management*, *14*(1), 55–64. https://doi.org/10.22092/ijwmse.2020.127852.1722 [In Persian]
75. Soltani, A. (2017). Feasibility of rainwater harvesting in potential areas using AHP in GIS environment (Case study: Khosrowabad Watershed, Sonqor County). *Rainwater Harvesting Systems*, *5*(2), 65–76. https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24235970.1396.5.2.6.2 [In Persian]
76. Taheri, S. M., Banzhad, H., & Karimi Miandoub, H. (2023). Possibility of using treated wastewater in irrigation considering environmental impacts (Case study: Local Chah-Baze Wastewater Treatment Plant). *Iranian Irrigation and Drainage*, *17*(6), 1035–1052. [In Persian]
77. Talebi, A., Forouhar, K., Dastourani, M. T., & Parvizi, S. (2022). Effect of flood spreading construction on downstream qanats discharge (Case Study: Mahriz Flood Spreading System, Yazd). *Desert Ecosystem Engineering*. https://doi.org/10.22052/DEEJ.2021.10.31.21 [In Persian]


[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]

[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]

78. Tara, S. S., Mousavi Rineh, S. M., Yousufi, H. (2023). Sustainable groundwater management via urban runoff recycling scheme for irrigation of green spaces (Case study: Al-Heiya Canal Area 3, Tehran). Journal of Ecohydrology, 9(4), 771–782. DOI: 10.22059/ije.2023.352783.1705[In Persian]
79. Wang, J. X., Huang, J. K., & Yang, J. Y. A. (2014). Overview of impacts of climate change and adaptation in China's agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, *13*(1), 1–17. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60588-2
80. Xia, W., Chen, X., Song, C., & Pérez-Carrera, A. (2022). Driving factors of virtual water in international grain trade: A study for belt and road countries. *Agricultural Water Management*, *262*, 107441. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107441
81. Yousefi, M., Farkh-Zadeh, B., & Basati, S. (2017). Prioritization of underground dam construction areas using geometric mean method in GIS environment. *Ecohydrology*, *4*(3), 663–672. https://doi.org/10.22059/ije.2017.62494 [In Persian]
82. Zainuddin, S., Anvari, S., Bagheri, M. H., & Zahmatkesh, Z. (2017). Using WEAP model to evaluate different management scenarios under climate change conditions. 14th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction, Shahid Bahonar University of Kerman https://dx.doi.org/10.22098/mmws.2021.1253 [In Persian]
83. Zarei, N., & Kord, M. (2022). Site selection of underground dams using Boolean logic and AHP methods in GIS environment (Case study: Hasanabad Watershed, Kermanshah Province). *Hydrogeology*, *7*(2), 172–186. https://doi.org/10.22034/hydro.2022.50085.1258 [In Persian]
84. Zhang, W., Sheng, J., Li, Z., Weindorf, D. C., Hu, G., Xuan, J., & Zhao, H. (2021). Integrating rainwater harvesting and drip irrigation for water use efficiency improvements in apple orchards of northwest China. *Scientia Horticulturae*, *275*, 109728. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109728
85. Zheng, Y., Li, X. G., Jia, B., & Jiang, R. (2019). Simulation of pedestrians' evacuation dynamics with underground floodwater spreading based on cellular automaton. *Simulation Modeling Practice and Theory*, *94*, 149–161. https://doi.org/10.1016/j.simpat.2019.03.001

[ Downloaded from jircsa.ir on 2026-06-15 ]
[ DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.4.6.2 ]